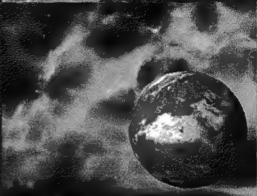
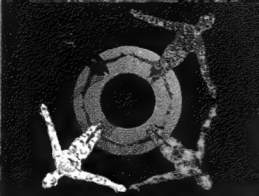


DANGER



علاء الحصري

مشكلة العصر

# تلوث البيئة

دراسة علمية حول مشكلة التلوث وحماية صحة البيئة

دار الكتاب الحديث

أ.د / محمد أمين عامر  
أ.د / مصطفى محمود سليمان



# تلوث البيئة مشكلة العصر

دراسة علمية حول مشكلة التلوث  
وحماية صحة البيئة

تأليف

أ.د. مصطفى محمود سليمان

أستاذ الجيولوجيا ومستشار شؤون البيئة

بجامعة الزقازيق

أ.د. محمد أمين عامر

نائب رئيس جامعة الزقازيق

لشؤون خدمة المجتمع وتنمية البيئة

ملتزم الطبع و النشر  
دار الكتاب الحديث

الطبعة الثانية

حقوق الطبع محفوظة للمؤلف

1423 هـ / 2003 م

دار الكتاب الحديث

القاهرة	94 شارع عباس العقاد - مدينة نصر - القاهرة ص.ب. 7579 فويدي 11762 هاتف رقم : 2752990 (00 202) فاكس رقم : 2752992 (00 202) بريد إلكتروني : <a href="mailto:Dkh_cairo@yahoo.com">Dkh_cairo@yahoo.com</a> & <a href="mailto:kdh@ejs.com.eg">kdh@ejs.com.eg</a>
الكويت	شارع للاللي ، برج الصديق ص.ب. : 22754 - 13088 الصفاة هاتف رقم 2460634 (00 965) فاكس رقم : 2460628 (00 965) بريد إلكتروني : <a href="mailto:ktbhades@ncc.moc.kw">ktbhades@ncc.moc.kw</a>
الجزائر	B. P. No 061 - Draria Wilaya d'Alger- Lot C no 34 - Draria Tel&Fax(21)353055 Tel(21)354105 E-mail <a href="mailto:dkhadith@hotmail.com">dkhadith@hotmail.com</a>
رقم الإيداع	1999/ 2199
ISBN	977-5758-27-0

# محتويات الكتاب

الموضوع	الصفحة
مقدمة	٧
الفصل الأول	
تلوث البيئة .. مشكلة العصر	١١
ملوثات البيئة	١٦
البراكين ملوثات للبيئة	٢٢
الرصاص محطم روما	٢٨
ملوثات عالمية	٣٢
سلسلة الغذاء وتلوث البيئة	٣٤
وتتغذى أسطح البرك بالطحالب	٤٠
أمراض بيئية	٤١
ما أصلح الدواء شيئا إلا أفسد مثله	٤٢
الفصل الثاني	
العناصر الكيميائية في البيئة وجسم الإنسان	٤٥
وفرة العناصر في البيئة	٤٧
العناصر الشحيحة في حياة الإنسان	٥٠
سكّلاء في أجسام الكائنات الحية	٥٦
الجيوفاجيا	٦٢
تغير التركيب الجيني تلوث خطير	٨٠
الفصل الثالث	
وبدا الإنسان يغير البيئة	٨٣
عصر الإنسان	٨٥
بداية عصر دافني	٨٧

٨٩	وسار الأحفاد على طريق الأسلاف
٩٤	مخلفات الإنسان ملوثة للبيئة
٩٨	المدن الكبرى . . براكين متفجرة
٩٩	وبلغ تلوث البيئة الخط الأحمر
١٠٦	الألوان إحدى عناصر البيئة
١٠٨	المجال الكهرومغناطيسى للبيئة
١٠٨	وزاد تنوع المواد من تلوث البيئة

## الفصل الرابع

## تلوث الهواء

١١٣	طبقات الغلاف الجوى
١٢١	الدول الصناعية وتلوث البيئة
١٢٢	مصادر تلوث الهواء
١٢٧	الآثار السلبية لتلوث الهواء
١٤٧	التدخين والتسمم بأول أكسيد الكربون
١٥٥	التلوث بأكاسيد التروجين
١٥٨	الأمطار الحمضية
١٦١	شبورة الدخان
١٦٥	شبورة الدخان التقليدية
١٦٦	المركبات المسرطنة
١٧٦	تأثير الملوثات الهوائية على الحيوان
١٨٤	الغبار يسبب التغيرات المناخية
١٩١	نقص الأوزون فى طبقة الستراتوسفير
١٩٢	مركبات الفلورو كلورو كربون
١٩٨	

## الفصل الخامس

٢٠١	تلوث الماء وعلاجه
٢٠٤	صلاحية المياه للشرب
٢٠٥	التلوث بمياه الصرف الصحي
٢٠٨	الاحياء المجهرية المسببة للأمراض
٢٠٨	أمراض تنتقل من الحيوان للإنسان
٢١٧	مصادر تلوث المياه
٢٢١	الآثار الضارة لتلوث المياه
٢٢٤	معالجة المياه المستعملة
٢٣٠	التلوث بالبترول
٢٣٦	التلوث الزراعى

## الفصل السادس

٢٣٩	المعايير الميكروبيولوجية لجودة المياه فى المناطق الحارة
٢٤٣	الاحياء الدقيقة فى الأنهار
٢٤٨	أنواع الطحالب كدليل على تلوث البيئة
٢٥٠	المخاطر الصحية لمياه الترع
٢٥٠	الاحياء المجهرية فى المياه الجوفية
٢٥١	البكتريا المرشدة
٢٥٢	الاحياء المجهرية المسببة للأمراض
٢٥٣	جودة المياه التى تستخدم فى الري

## الفصل السابع

٢٥٧	مبيدات الحشرات والآفات الزراعية... مخاطرها وبدائلها
٢٦٠	أنواع المبيدات
٢٦١	تاريخ المبيدات

٢٦٦	مبيدات الفطريات
٢٦٧	تلوث البيئة بالمبيدات ✓
٢٦٩	بدائل المبيدات
	<b>الفصل الثامن</b>
٢٧٣	التلوث النووي
٢٧٥	النشاط الإشعاعي والعناصر المشعة
٢٧٦	الاشعة المؤينة
٢٨٤	التجارب النووية وتلوث البيئة ✓
٢٨٦	النفايات النووية وتلوث البيئة ✓
٢٨٧	العناصر المشعة فى التربة والمياه
٢٨٩	قياس درجة الإشعاع
	<b>الفصل التاسع</b>
٢٩٣	التلوث الضوضائى
٣٠٢	الآثار السلبية للتلوث الضوضائى
٣٠٣	الضوضاء الناجمة عن حركة السيارات
	<b>الفصل العاشر</b>
٣٠٥	نحو برنامج شامل للتربية البيئية وحماية صحة البيئة
٣٠٩	مشروع إعداد خرائط جيوكيميائية - زراعية فى المناطق الصحراوية
	المستهدف استصلاحها
٣١١	مشروع مكافحة الذباب
٣١٣	المراجع





## مقدمة

البيئة بالنسبة لآى كائن حى أو جمادى كل ما يحيط به ويعيش معه، وفى نفس الوقت يشكل هذا الكائن الحى أو الجمادى جزءا من البيئة، يتأثر بها ويؤثر فيها بدرجات متفاوتة. ولى تغيير، جزئى أو كلى، فى الصفات الفيزيائية و/ أو الصفات الكيميائية لآى عضو من أعضاء البيئة، ينعكس سلبا أو إيجابا، آجلا أو عاجلا، بصورة مباشرة أو غير مباشرة، على بقية الأعضاء المشاركين له فى بيئته.

ويشمل تلوث البيئة أية تغيرات، جزئية أو كلية، غير مرغوب فيها، فى الصفات الفيزيائية و/ أو الكيميائية لعضو أو أكثر من الأعضاء المكونة للبيئة.

ومشكلة تلوث البيئة ليست مشكلة جديدة أو طارئة بالنسبة للأرض، وإنما الجديد فيها هو زيادة شدة التلوث، كما وكيفا، فى عصرنا الحاضر، ووصله إلى مرحلة الأزمة الخانقة، والتى دعت المفكرين والعلماء فى كل العالم يدقون بشدة نواقيس الخطر، ويدعون إلى العمل على الحد من التلوث، وعلاج وحماية صحة البيئة.

ولم تكن، فى واقع الأمر، البيئة العالمية فى الماضى القريب أو البعيد نظيفة تماما أو نقية نقاءً مطلقا، بل كانت وما تزال تعاني من تأثير بعض الملوثات الطبيعية، وأهمها الأتربة والغازات البركانية، والأتربة النيزكية، والتغيرات المناخية وما يصاحبها من آثار جانية مترتبة عليها. ويعتقد أن مثل هذه الملوثات الطبيعية كان لها دور كبير فى وقوع تغيرات بيئية حادة ساعدت على انقراض بعض الحيوانات العملاقة كالديناصورات منذ نحو ٦٥ مليون سنة مضت، وكذلك دخول الأرض فى عدد من عصور الجليد عبر تاريخها الطويل.

وفي وقتنا الحاضر تقذف بعض النافثات البركانية (وهي إحدى صور النشاط البركاني) في الغلاف الجوي بمئات وآلاف الأطنان من المركبات الكيميائية السامة، ومن تلك نافثات وادي العشرة آلاف مدخنة في آلاسكا بأمريكا الشمالية والتي تدفع سنويا بأكثر من ١,٢٥٠,٠٠٠ طن من حمض الهيدروكلوريك، وأكثر من ٢٠٠,٠٠٠ طن من حمض الهيدروفلوريك إلى الهواء الجوي، وهما مادتين سامتين وملوثتين خطيرتين للبيئة، بالإضافة إلى العديد من المركبات الكيميائية السامة والأتربة والغازات الأخرى...

وفي واحدة من أخطر الثورات البركانية في العصور الحديثة، قذف بركان تامبورو في إندونيسيا في سنة ١٨١٥م بنحو ١٥٠ كم<sup>٣</sup> من الرماد البركاني في الغلاف الجوي، وغطى هذا الرماد مساحة دائرية نصف قطرها حوالي ٥٥٠ كم<sup>٢</sup>. وقذف بركان كراكاتوا في جنوب شرق آسيا في ثورته العارمة في سنة ١٨٨٣م بأكثر من ٨٠ كم<sup>٣</sup> من التراب البركاني حملته الرياح إلى مسافة تبعد ٥٠٠٠ كم عن فوهة البركان.

وقد تمهد ثورات البراكين العملاقة وما تحدثه من إخلال خطير في توازن البيئة إلى انهيار بعض الحضارات، كما حدث لحضارة جزيرة كريت في البحر الأبيض المتوسط (والتي تسميها بعض الأساطير قارة أطلنطس الغارقة أو المفقودة). وقد انهارت حضارة كريت عقب انفجار بركان سانتورين انفجارا عنيفا في نحو ١٥٠٠ قبل الميلاد. وكما كانت لهذا البركان ثورة عارمة في سنة ٢٣٠٠ قبل الميلاد، كانت له انفجارات كارثية في العصور الحديثة في ١٩٢٨، ١٩٣٨، ١٩٥٠م. ويرى بعض العلماء أن انفجار بركان سانتورين في سنة ١٥٠٠ قبل الميلاد يضاهي انفجار بركان كراكاتوا في سنة ١٨٨٣م.

وقد شعر الإنسان بتلوث البيئة وربط بينه وبين انتشار الأمراض من قديم الزمان. فقد ورد في بردية إدوين سميث الطبية الفرعونية، والتي دونت في نحو ١٦٠٠ قبل الميلاد (وهي منقولة من كتب طبية أقدم تعود إلى عصر بناء الأهرامات أي في الألف الثالثة قبل الميلاد) إشارات إلى الهواء الموبوء والذي يصيب الإنسان

بالمريض . وأخذ فلاسفة الإغريق هذه الأفكار ونصح الفيلسوف الإغريق أجرون الأجرىجتى، الذى عاش فى القرن الخامس قبل الميلاد، بإضرام النار فى الهواء لتنقيته بعد أن اجتاحت الطاعون أثينا. . . ، وبعد ذلك وفى القرن الرابع عشر (١٣٤٧ - ١٣٥١م) اجتاحت الطاعون كل أوروبا وآسيا وخلف نحو ٧٥ مليون ضحية . وفى سنة ١٩١٨م قضت الأنفلونزا على نحو ٢٢ مليون نسمة فى العالم؛ وذلك بسبب التلوث الميكروبي للهواء .

وقد وهب الله سبحانه وتعالى البيئة الطبيعية خاصة التوازن الطبيعى والحفاظ عليه، حيث لا يطغى مكون على آخر من مكوناتها، فإذا طغى عضو على آخر لسبب ما، واختل هذا التوازن اعتلت صحة البيئة، ومن ثم تنشط بعض مكونات البيئة للعمل على إعادة التوازن المفقود للبيئة . وتعد كثير من البكتريا والفطريات وبعض أنواع الحشرات عامل فعال فى هذا المجال، حيث تحلل بعض المركبات الكيميائية السامة إلى صور غير سامة أو تحلل أجسام النباتات والحيوانات الميتة إلى مركبات تتطاير فى الهواء أو تمتصها التربة ليستفيع بها النبات . . . إلخ .

وفى الآونة الأخيرة وقعت البيئة العالمية فى قبضة العديد من الملوثات الصناعية الفتاكة بفعل النشاط الإنسانى الهدام، مثل الإسراف فى استخدام المخصبات الكيميائية فى الزراعة والاستخدام المكثف لأنواع عديدة من مبيدات الحشرات والفطريات والأعشاب، والإشعاع النووى القاتل الذى يتسرب إلى البيئة من خلال التفجيرات النووية السرية والعلنية، هذا بالإضافة إلى ملايين الأطنان من الغازات والمركبات الكيميائية الناتجة عن إحراق الفحم والبترو، والمخلفات الصناعية، والتى يصعب حصر أنواعها وكمياتها، والتى تضاف بدون وعى إلى البيئة حتى هذه اللحظة . . . ، وأدى كل ذلك إلى تلوث البيئة فى صورتها الراهنة . . . ويتجلى ذلك فى تغير كثير من الصفات الكيميائية والفيزيائية لكل عناصر البيئة من ماء وهواء وتربة زراعية ونبات وحيوان، وأخيرا الإنسان .

ولو أخذنا مثالا واحدا للتغير فى الصفات الكيميائية والفيزيائية للهواء الجوى؛ بسبب زيادة نسبة غاز ثانى أكسيد الكربون فيه . لوجدنا أن صورة البيئة

والحياة على سطح الأرض صورة قاتمة. فزيادة نسبة غاز ثانى أكسيد الكربون فى الهواء الجوى عن حد معين يرفع درجة حرارة الهواء قرب سطح الأرض، ولو ارتفعت درجة حرارة الهواء بضع درجات لانتصهرت الثلوج فى القطبين وغطت مياهها سطح الأرض بطبقة سمكها نحو ٢٥ مترا. فإذا انخفضت درجة الحرارة بضع درجات متوثة لتجمد الماء ودخلت الأرض فى عصر جليدى..

وفى الآونة الأخيرة بدأ بعض علماء البيولوجيا يغيرون التوازن الطبيعى بين الجينات فى الخلايا النباتية (وربما خلايا بعض الكائنات العضوية الدقيقة وحيوانات التجارب)، بحيث يُغلبون جينات على أخرى... والهدف من ذلك هو زيادة المنتجات الزراعية لسد حاجة السكان المتزايدة... وهذا اتجاه خطير بالنسبة للتوازن البيئى، بل أكثر خطورة من الإسراف فى استخدام المخصبات الكيميائية ومبيدات الحشرات والفطريات، والتى استخدمت من قبل لهذا الغرض وأدت بعض الدور فى زيادة المنتجات الزراعية، ولكنها لوثت البيئة وأفرزت أجيال من الحشرات أكثر شراسة ومقاومة لعوامل القضاء من أسلافها السابقين... مما يعنى أن الإنسان قد دفع ثمنا باهظا فى سبيل توفير بعض الاحتياجات الضرورية لحياته ورفاهيته، وهو ثمن لا يتناسب مع ما حصل عليه فى هذا الصدد...

ويقدم هذا الكتاب معلومات علمية مبسطة حول تلوث البيئة والعناصر الكيميائية فى الأرض وفى جسم الإنسان، ودور الإنسان فى تغير مسار دورة العناصر فى البيئة، وتلوث الماء والهواء والتلوث النووى والبشرى، والتلوث الكيميائى والتلوث بالفضاء وهجرة وانتقال الملوثات فى البيئة، ثم برنامج قومى لعلاج وحماية صحة البيئة من التلوث...

نأمل أن يجد القارئ فيه ومعه بعض المتعة والفائدة.

والله تعالى ولى التوفيق،

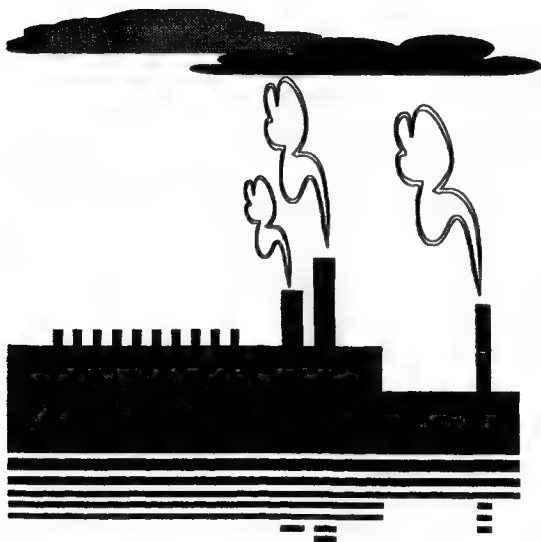
**المؤلفان**

الزقازيق فى ٤ / ٤ / ١٩٩٧م.



# الفعل الأول

## تلوث البيئة .. مشكلة العصر





بعد تلوث البيئة من أعظم المشاكل التي تواجهها البشرية في عصرها الحاضر، إذ لم تكن البيئة، وهي كل ما يحيط بالإنسان من هواء وماء وتربة زراعية وصخور... إلخ، ملوثة بهذا الشكل المرعب في الماضي.

يقصد بتلوث البيئة كل تغيرات في الأحوال البيئية بصورة غير مرغوبة فيها، تغيرا جزئيا أو كليا بفعل النشاطات الإنسانية من خلال إعادة توزيع الطاقة، أو زيادة النشاط الإشعاعي، أو تغير في الأحوال الفيزيائية والكيميائية... إلخ.

وتؤثر التغيرات البيئية تأثيرا مباشرا على الإنسان، أو غير مباشر من خلال التغير في صفات ومكونات غذائه وشرابه والهواء الذي يتنفسه، وجميع مكونات وعناصر البيئة التي يعيش فيها.

ويرى كثير من المهتمين بشئون البيئة أن أى تغير يحدثه الإنسان في البيئة الطبيعية التي خلقها الله سبحانه وتعالى، هو ليس في صالح الإنسان سواء على المدى القريب أو المدى البعيد.

ويزداد اهتمام الدول الغنية والمتقدمة بموضوع تلوث البيئة أكثر من الدول النامية، والتي تعاني من مشاكل الفقر والجهل والتخلف، والى تلهيها عن مشكلة التلوث.

وللأسف الشديد فقد تعرضت البيئة العالمية خلال النصف الثاني من القرن العشرين لقدر من التلوث يفوق ما أصابها عبر تاريخها الطويل، وأدى ذلك إلى ظهور أمراض جديدة ووقوع تغيرات كيميائية وحيوية في مكونات الغلاف الأحيائي كله من نباتات وحيوانات بما فيها الإنسان، وتعرضت العديد من النباتات والحيوانات لخطر الانقراض.

وبينت العديد من التقارير العالمية أن هناك أكثر من ٦٠٠ نوع من الحيوانات والطيور معرضة لخطر الانقراض بسبب تلث البيئة العالمي. وأن هناك أكثر من

١٥٠٠ نوع من النباتات النادرة آخذة فى الانقراض، وأن العديد منها سوف ينقرض قبل منتصف القرن الحادى والعشرين إذا استمر خطر التلوث فى النمو بمعدله الحالى<sup>(١)</sup>.

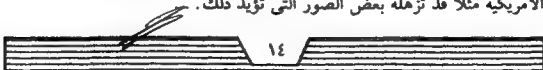
ومن الغرائب أن يجتمع التلوث مع التقدم العلمى والتكنولوجيا الهائل الذى تشهده البشرية فى عصرها الراهن، ومرد ذلك جزئيا إلى أن التطور الهائل لا يسير إلى جانبه تطور مماثل فى النظم الاجتماعية والسياسية للعائلة البشرية، فهناك عدم تناسق خطير فى تطور الحضارة الراهنة، وهذا هو المأزق الرئيسى لتلك الحضارة.

ونضرب لذلك مثلا بالتلوث الإشعاعى، فبعد وقوع حادث انفجار أحد المفاعلات النووية فى محطة تشيرنوبيل فى أوكرانيا فى ٢٦ / ٤ / ١٩٨٦م، وانطلاق سحابة من العناصر الكيميائية المشعة فى موقع الحادث وحوله وانتشارها فى أجواء عدد من الدول الأوروبية فلوئتها، وقامت الأمطار بعد ذلك بترسيب بعضها فى أراضى تلك الدول ومياهها، وانعكس كل ذلك فى تلوث المواد الغذائية النباتية والحيوانية بدرجات متفاوتة. وتنبه الأوروبيون لذلك وامتنعوا عن تناول تلك الأطعمة، وقاموا بتصديرها إلى العديد من الدول النامية فى أفريقيا وآسيا.

هذا بالإضافة إلى دفن النفايات النووية بوسائل لأخلاقية فى مدافن سرية فى الدول الأفريقية أو الآسيوية. أى أن بعض أعضاء العائلة البشرية ترفل فى مكتسبات العصر من التقدم العلمى والفنى، وفى نفس الوقت تلقى بنفاياتها الذرية والكيميائية وغيرها من الملوثات الخطيرة إلى جيرانهم من الدول النامية. وهذا هو كما قلنا آنفا المأزق الحقيقى للمدنية الراهنة.

وبجانب التلوث البيئى العالمى الذى تسببت فيه الدول الصناعية المتقدمة، فإن هناك مشكلات الفقر والجوع التى تعانى منها قطاعات عريضة من العائلة البشرية، وكلها تؤكد فشل الإنسان المعاصر فى إقامة مجتمع متكافئ تساوى فيه حقوق البشر.

وحتى فى داخل بعض الدول الصناعية المتقدمة فإن هناك قطاعات تعانى أيضا من الفقر والفاقة والتعرض لمشاكل التلوث، ومن يزور الولايات المتحدة الأمريكية مثلا قد تراهله بعض الصور التى تؤكد ذلك.





## ولكن لماذا ظهرت مشكلة التلوث الآن ؟

من المؤكد أن هناك نفايات كانت تتخلف من العمليات والنشاطات الإنسانية فى كل العصور، وتؤدى هذه النفايات إلى تلوث البيئة بدرجات مختلفة، غير أن الإنسان لم يشعر بذلك ولم يعانى من آثارها الضارة، حيث كانت هناك عوامل طبيعية تقضى على تلك الملوثات (بكسر الواو) وتتخذ منها غذاءها. فالطيور الجارحة وبعض الحيوانات كانت تقضى على معظم مخلفات الإنسان الملوثة للبيئة.

ولا تزال الطيور الجارحة تقوم بهذه المهمة فى بعض المناطق النائية مثل جزيرة سقطرى فى المحيط الهندى (تقع جنوب شرق عدن بنحو ٩٠٠ كم)، وسكان هذه الجزيرة يعيشون الآن كما كان يعيش أسلافهم فى العصور القديمة. وفى هذه الجزيرة تجدد الرخمة (تسمى هناك بالرخمة المصرية) تجول فى شوارع عاصمة الجزيرة (تسمى حديبو) وشواطئها بحرية تامة، وتلتهم كل مخلفات الصيادين من بقايا الأسماك وغيرها... ولا تجد هذه الصورة فى القرى والمدن خارج هذه الجزيرة.

ويعد أن زاد تعداد البشرية وزاد استهلاكهم للطاقة والطعام والشراب، وبسبب زيادة النمو والتقدم الصناعى، تراكمت الملوثات من نفايات المصانع من مواد صلبة وسائلة وغازية، ومخلفات المخصبات الزراعية والمبيدات الحشرية ومبيدات القوارض، هذا بالإضافة إلى مخلفات الإنسان نفسه..

وقد تقاعس الناس فى بداية الأمر إلى أن استيقظوا فجأة، ليجدوا أن الكرة الأرضية بمائها وهوائها وترباتها كادت أن تختنق من التلوث إلا قليلا..

وتزيد مشكلة التلوث، بصفة عامة، بزيادة التقدم الصناعى، وتقل فى المواقع الأكثر بدائية أو المتخلفة، حيث يقل فى هذه المواقع الاعتماد على التكنولوجيا وما تتطلبه من زيادة استهلاك الطاقة والغذاء والشراب، واستخدام المخصبات الزراعية ومبيدات الحشرات وغيرها من ملوثات البيئة.

ولا يعنى ذلك أن تلوث البيئة هو ضريبة التقدم الصناعى والتكنولوجى، ولكنه ضريبة الإهمال على المستوى العالمى فى مكافحة وسائل التلوث منذ البداية.

## ملوثات البيئة

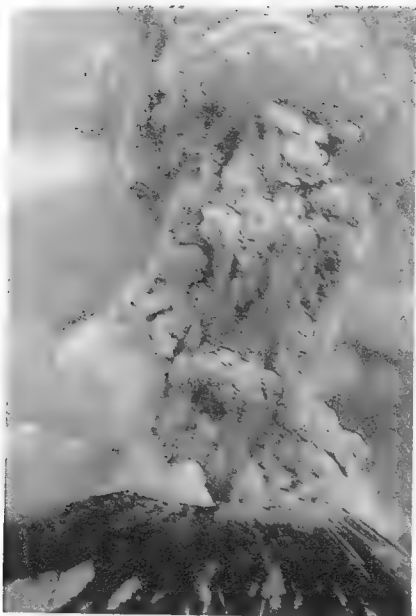
تشمل ملوثات البيئة كل الأشياء العضوية أو غير العضوية، الصناعية أو الطبيعية، الصلبة والسائلة والغازية، وكذلك بعض العوامل الطبيعية كالحرارة والضوضاء، والتي إذا زادت عن حد معين في البيئة غيرت من صفاتها الأصلية تغيرا سلبيا ضارا بالإنسان والحيوان والنبات. وقد يكون التغير في صفات وخواص البيئة تغيرا جزئيا أو كليا، بحيث تصبح البيئة بكل عناصرها من ماء وهواء وتربة غير صالحة للحياة بصفة عامة. فيصبح الماء غير صالح لحياة الأحياء المائية، ويصبح الهواء غير صالح للتنفس، بل ويصيب الحماد كالمباني والمنشآت بالتلف، وتصبح غير صالحة للزراعة ولا تسر الناظرين...

وليست كل الملوثات من صنع الإنسان، فكثير منها موجود أصلا في البيئة الطبيعية، أو تضاف إلى البيئة بفعل بعض العمليات الجيولوجية كالبراكين، انظر شكل (١). ومن تلك الملوثات أكاسيد الكبريت والتروجين والكربون، وكلها ضمن مكونات الغلاف الجوي للأرض، وإن كانت نسبتها ضئيلة جدا لا تؤثر على حياة الإنسان والحيوان، بل يعد بعضها من ضروريات حياة النبات مثل ثاني أكسيد الكربون الذي يمتصه النبات ويدخل في جسمه في عمليات عضوية يتحول في النهاية إلى مواد غذائية تعتمد عليها حياة الإنسان والحيوان.

### وفيما يلي أهم ملوثات البيئة

مواد غازية مثل أكاسيد التروجين، خاصة أكسيد التريك (NO) وأكسيد التروجين ( $NO_2$ ).

والتروجين غاز عديم اللون والطعم والرائحة، وهو أخف من الهواء، وخامل كيميائيا في درجات الحرارة العادية، ولذلك يستخدم في الصناعة كغاز واق لمنع التأكسد خصوصا عند تداول المواد القابلة للاشتعال مثل الجازولين وغيره، وفي المصانع الكهربائية لمنع تبخر الشعيرات المعدنية فيها. ويستخدم في صناعة النشادر وحمض التريك... إلخ.



### شكل (٩)

تقذف البراكين في ثوراتها بكميات هائلة من الأتربة والغازات التي تتصاعد في  
الجو وتختلط بالهواء وتلوّثه

ويكون النتروجين 78% من حجم الغلاف الجوي للأرض (الهواء)، وحوالي 2% من وزنه، ويقدر وزن النتروجين في الهواء الذي يغطي ميلا مربعا من سطح الأرض بحوالي 20 مليون طن. وليعض مركبات النتروجين صفات مميزة، فأكسيد النيتروز ( $N_2O$ ) مثلا له رائحة مفرحة، وطعم حلو، وإذا استنشقه الإنسان بكمية قليلة أحدثت عنده رغبة في الضحك المتواصل، ولذا يسمى الغاز المضحك، أما إذا استنشقه الإنسان بكمية كبيرة فإنه يصابه بالنوم ويخدره.



ورغم أن بعض مركبات النتروجين سامة وملوثة للبيئة، إلا أن النتروجين للبيئة، إلا أن النتروجين ذاته غذاء ضروري للنبات ومكون رئيسي في أجسام الحيوانات، حيث يوجد فيها ضمن مكونات البروتين.

ومن الملوثات الغازية ثاني أكسيد الكبريت ( $SO_2$ ) وكبريتيد الهيدروجين ( $H_2S$ ) ذو الرائحة المميزة مثل رائحة البيض الفاسد، وأول أكسيد الكربون ( $CO$ ) والهالوجينات (الكلور والفلور واليود) ومركباتها، والأوزون وغيرها، انظر شكل (2)

## شكل (2)

نافثة بركانية كبريتية تنبعث منها غازات كبريتية سرعان ما يترسب الكبريت حول فوهة النافثة مكونا رواسب كبريت، وأما أكاسيد الكبريت فتنتطير في الهواء الجوي وتختلط معه وتلوثه. ولهذه الغازات دور في تكون الأمطار الحمضية

وكان أبناء الحضارات القديمة يستخدمون الغاز الناتج عن حرق الكبريت  
(ثاني أكسيد الكبريت) لتطهير وتعقيم المنازل والأماكن العامة.

ويتحد ثاني أكسيد الكبريت الموجود في الهواء الجوى بالأكسجين بمساعدة  
الأشعة فوق البنفسجية وغيرها مكونا ثالث أكسيد الكبريت ( $SO_3$ )، والذي يذوب  
في مياه الأمطار، مكونا حمض الكبريتيك الفتاك (ماء النار) وتزيد حموضة مياه  
الأمطار وتسمى حينئذ بالأمطار الحمضية.

وللأمطار الحمضية (الحامضية) دور كبير في إتلاف البيئة وتلوثها، حيث تغير  
من صفات المياه السطحية والمياه الجوفية، وقد تصبح المياه السطحية كالأنهار  
والبحيرات غير صالحة لحياة الأحياء المائية، وتصبح المياه الجوفية غير صالحة  
للاستهلاك الأدمى، هذا بالإضافة إلى أن الأمطار الحمضية تذيب الصخور  
والترتبات الجيرية، وتؤدي إلى نحرها، وتسرى ما أذابته هذه المياه على هيئة مركبات  
كيميائية مختلفة لتضاف إلى مياه البحار والمحيطات والأنهار، أو يتسرب بعضها  
إلى تحت سطح الأرض، ويضاف إلى المياه الجوفية فتزيد من تلوثها.

وإذا سقطت الأمطار الحمضية على المزروعات والغابات أصابها بالتلف.

وتؤدي الأمطار الحمضية أو رذاذ حمض الكبريتيك الموجود في الجو إلى  
تآكل المواد المعدنية في المباني والمنشآت، مما يزيد من أعباء وتكاليف عمليات  
الصيانة والإحلال في تلك المنشآت.

وفي المناطق التي يزيد في هوائها تركيز ثاني أكسيد الكبريت، والذي  
يتصاعد من البراكين والناثات البركانية (وهي شقوق في سطح الأرض تصعد  
منها الغازات البركانية) مثل إيطاليا، فإن ثاني أكسيد الكبريت يتحول في الجو إلى  
ثالث أكسيد الكبريت، الذي يذوب في رطوبة الهواء أو مياه الأمطار مكونا حمض  
الكبريتيك الذي يتحد مع الملاط الجيرية في المباني والمنشآت، ويتج عن ذلك  
الجبس (كبريتات الكالسيوم)، ويصاحب ذلك زيادة أو انتفاخ في ملاط الجدران  
فتساقط ملاط الجدران بمرور الوقت.

والكربون يدخل فى تكوين جميع الاجسام الحية، وهو يوجد فى الهواء الجوى على هيئة غاز ثانى اكسيد الكربون بنسبة ثابتة تقريبا تبلغ نحو ٠,٠٣ ٪ من حجم الهواء الجوى، فإذا زادت أو قلت هذه النسبة فى الهواء الجوى أدى ذلك إلى تلوثه، وتغير الطقس على سطح الأرض، وتغير حينئذ معه كثير من ظواهر الحياة والبيئة.

فزيادة نسبة ثانى اكسيد الكربون ترفع من درجة الحرارة على سطح الأرض فينبوب الجليد فى القارة القطبية الجنوبية وفى القطب الشمالى، وتضاف كميات كبيرة من المياه إلى البحار والمحيطات، فيرتفع منسوب المياه وتغرق العديد من المدن الساحلية ودالات الأنهار، مثل دلتا نهر النيل وينجلاديش وغيرهما.

ويؤدى خفض نسبة ثانى اكسيد الكربون فى الغلاف الجوى إلى خفض درجة حرارة سطح الأرض، وقد تتجمد المياه فى بعض المواقع.

المدير بالذكر أن غاز ثانى اكسيد الكربون فى هواء كوكب الزهرة يصل إلى ١٠٠٠ ضعف مثيله فى الغلاف الجوى للأرض، إذ يكون هذا الغاز نحو ٩٠٪ من الغلاف الجوى للزهرة، ويحول هذا الغاز دون إشعاع الحرارة من سطح الزهرة إلى الفضاء الخارجى المحيط بها، وعلى ذلك فإن درجة حرارتها عالية تصل إلى ٤٢٥ درجة مئوية (تزيد نحو ١٠٠ درجة عن درجة انصهار الرصاص). ويعود لمعان كوكب الزهرة إلى غاز ثانى اكسيد الكربون فى جوها، حيث يعكس هذا الغاز قدرا كبيرا من أشعة الشمس الساقطة عليها.

أما أخطر مركبات الكربون فهو أول اكسيد الكربون، حيث إنه غاز سام جدا للإنسان والحيوان، ويزيد من خطورة هذا الغاز أنه لا رائحة له تنذر بوجوده وتنبه منه، وهو يتحد مع هيموجلوبين الدم مكونا مركبا كيميائى ثابتا يعرف باسم كربوكسى هيموجلوبين، ولا يتفكك هذا المركب بتأثير التفاسعات الحيوية فى الجسم، وتزيد ثباتية هذا المركب حوالى ٢١٠ مرات عن ثباتية الاوكسى هيموجلوبين الذى يتكون بالتحاد الهيموجلوبين مع الاكسجين.

يؤدي تكوين الكربوكسي هيموجلوبين نتيجة استنشاق غاز أول أكسيد الكربون إلى حرمان الجسم من الأكسجين وبالتالي فلن استنشاق أول أكسيد الكربون يؤدي إلى الوفاة في غضون عدد قليل من الدقائق؛ لأنه يحدث شللا فوريا في المخ وأعضاء التنفس.

والهالوجينات (الفلور والكلور واليود) ومركباتها ملوثات خطيرة للبيئة. والفلور غاز أصفر مائل إلى الخضرة الباهتة، وهو أثقل من الهواء، وهو غاز حارق أكال ييلى كل شيء يلامسه، وهو سام جدا، وقد أخذ اسمه من الكلمة الإغريقية فتورس Ftors أى المتلف.

والكلور غاز سام أكال، وهو أثقل من الهواء وله رائحة خانقة ولونه أصفر مخضر.

واليود مادة صلبة ذات لون بنفسجي داكن، ويتحول بالتسخين إلى الغاز مباشرة (وتعرف هذه الظاهرة بالتسامي)، ويخار اليود سام.

والأوزون هو الآخر غاز ملوث للبيئة، رغم أن الذرات المكونة له هي الأكسجين أو عنصر الحياة (يتألف جزيء الأوزون من ثلاث ذرات أكسجين).

والأوزون (من الكلمة اللاتينية أوزو Ozo ومعناها أنا أشم رائحة) غاز ذو رائحة خانقة مميزة وتشبه رائحة السمك، وتبلغ كشافته مرة ونصف قدر كشافه الأكسجين، ولونه في الحالة الغازية أزرق باهت، وفي الحالة الصلبة أزرق يميل إلى الأسود، ويتفكك الأوزون عند درجة حرارة قدرها ٣٠٠م معطيا الأكسجين، ويحدث انفجارا أثناء ذلك. وإذا سخن الأكسجين إلى ١٥٠م فإنه يتحول جزئيا إلى الأوزون، ويتكون الأوزون إذا تعرض الأكسجين إلى الأشعة فوق البنفسجية.

ويوجد الأوزون في الهواء الجوي بنسبة جزء إلى مائة مليون جزء بالحجم تقريبا. وإذا زادت هذه النسبة إلى الضعف أصبح الهواء ساما وخطيرا على الإنسان والحيوان. وإذا استنشق الإنسان كمية ضئيلة من الأوزون أصيب بالصداع، وإذا زادت كميته في الهواء قد يسبب الوفاة.

ويتكون الأوزون فى الغلاف الجوى نتيجة التفريغ الكهربائى فى طبقات الجو العليا، وكذلك تحت تأثير الأشعة فوق البنفسجية على الأكسجين، حيث تتحلل بعض جزيئات الأكسجين إلى ذرات، ثم تعاود اتحادها مع الجزيئات مكونة الأوزون، وتتحلل بعض جزيئات الأوزون إلى الأكسجين. ويتبع عن تكون وتحلل الأوزون بهذه الطريقة التلقائية فى الهواء الجوى أن تظل نسبته ثابتة تقريبا فى الجو، ويعتمد ذلك على الضغط ودرجات الحرارة.

ويبلغ أقصى تركيز لغاز الأوزون فى الهواء الجوى عند ارتفاع نحو ٢٥ كم تقريبا، أما قرب سطح الأرض فإن الأوزون يتحلل بسرعة أكبر بتأثير ذرات الانتربة والغازات الملوثة للهواء.

وتتكون كمية كبيرة نسبيا من الأوزون على شواطئ البحار، وتزداد عملية تحلل الأوزون إلى الأكسجين بزيادة كمية ونوع الملوثات فى الهواء الجوى.

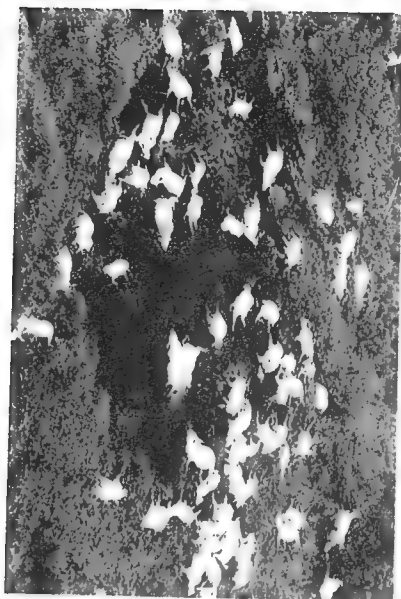
وقد أثرت فى الآونة الأخيرة ضجة كبيرة حول تحلل الأوزون فى طبقات الجو العليا بدرجة كبيرة، مكونة ما أطلق عليه اسم ثقب الأوزون، وهى مناطق فى طبقات الجو العليا يقل فيها تركيز غاز الأوزون. ويشكك البعض فى أهداف ومقاصد هذه الضجة، وأن وراء هذه الضجة أهداف اقتصادية معينة أبطالها بعض شركات الكيماويات العملاقة!

وبما أن الأوزون غاز سام فإنه يستخدم تحت ضوابط معينة فى تعقيم مياه الشرب والأطعمة وتطهير دورات المياه العامة؛ وذلك لأنه يقتل العديد من البكتريا. كما يستخدم الأوزون فى إزالة الألوان غير المرغوب فيها فى الزيوت وبعض المواد الصناعية الأخرى؛ وذلك لأنه يؤكسد ويحلل المركبات العضوية المسببة للألوان.

### البراكين ملوثات للبيئة

البراكين هى فتحات فى صخور القشرة الأرضية تخرج منها المواد البركانية الصلبة والسائلة (الحمم) والغازية. وغازات البراكين سامة وقاتلة تصيب من يتعرض لها بالموت، انظر شكل (٣)، (٤).





### شعيل (٢)

هناك بركة مشهورة في دولة الكاميرون بأفريقيا تدعى بركة نيوس Nyos وهي مملوءة بالطين البنى اللون، وتحتل هذه البركة فوهة بركان قديم خامد، وتحيط بها مراعي خصبة. وفي سنة ١٩٨٦م دب النشاط في جوف البركان وأخذ يقذف الغازات وكان أكثرها ثاني أكسيد الكربون، فقضت هذه الغازات على قطع من المشية تصادف وجوده في المنطقة وقتذاك (عن مورك وآخرين ١٩٩٦).



#### شكل (٤)

تقذف البراكين ضمن ما تقذف بفازات حارقة وسامة، وتصيب من يتعرض لها بالاختناق والموت . ذلك ما حدث لسكان مدينة بومبي الإيطالية الذين داهمهم بركان فيزوف في ثورته الشهيرة في سنة ٧٩ ميلادية، فخنقت الفازات عددا كبيرا من سكان المدينة، ثم غطى الرماد البركاني أجسام هؤلاء الموتى وتحجرت بمرور الزمن . وقد تم العثور على هذه الأجسام المتحجرة لتحكى قصة هذه المدينة التى اندثرت تماما (عن مورك وآخرين ١٩٩٦).

وتعد البراكين إحدى ملوثات البيئة حيث تقذف بآلاف وربما ملايين الأطنان من الأتربة والغازات التي تتصاعد في الجو حتى تبلغ عنان السماء، وربما تجاوزت عشرات الآلاف من الكيلومترات، وتظل هذه المواد معلقة في الهواء فترة طويلة قد تتجاوز الشهور، وقد تؤدي إلى حجب ضوء الشمس، ومن ثم انخفاض درجات الحرارة على سطح الأرض، وانتشار الصقيع الذي يؤثر على الحياة النباتية والحيوانية، كما حدث في بركان تامبورا في إندونيسيا في أبريل ١٨١٥م والذي يعد أخطر الثورات البركانية في العصور الحديثة، فقد حطم هذا البركان نفسه بعد فترة خمود طويلة وقذف في ثورة عارمة بنحو ١٥٠ كيلومتر مكعب من الرماد البركاني والصخور المقتة، وأطاح بكل هذا في الهواء.

وغطت المقذوفات البركانية مساحة دائرية قطرها نحو ٥٥٠ كم، وفقد هذا الجبل (البركان) ١٣٠٠ مترا من قامته (ارتفاعه). وبلغ عدد ضحايا هذا البركان آنذاك نحو ٥٠,٠٠٠ شخصا.

وقامت الرياح بنشر تراب بركان تامبورا إلى مناطق مختلفة من سطح الأرض، وبقي جزء كبير من هذا التراب عالقا بالهواء الجوى لعدة سنوات.

ومر عام ١٨١٥م بدون صيف في مناطق واسعة من العالم بسبب اختفاء الشمس خلف الغيوم البركانية، وأثر ذلك على نمو المحاصيل الزراعية فلم ينضج بعضها.

وأطاح انفجار بركان كراكاتوا Krakatoa في جنوب شرق آسيا في سنة ١٨٨٣م بأكثر من ٨٠ كيلو مترا مكعبا من الصخور في الهواء، وقذف بكميات هائلة من الرماد البركاني الذي حمله الهواد الجوى ورسبه على مسافة تبعد ٥٠٠٠ كم من فوهة البركان.

وبالإضافة إلى الأتربة والغازات البركانية التي لوثت الهواء الجوى، فإن انفجار بركان كراكاتوا قد أدى إلى تكون موجات طوفانية بحرية عاتية أغرقت سواحل جاوه وسومطرة وقتلت أكثر من ٣٠,٠٠٠ شخصا.

وبلغ سمك رواسب الرماد البركاني الذى قذفه بركان كراكاتوا فى بعض المناطق نحو ٦٠ مترا. وقد أظلمت الدنيا على مسافة تبعد أكثر من ٢٥٠ كم من موقع البركان بسبب الغبار العالق فى الهواء.

وقد تنطلق الأتربة والغازات البركانية على هيئة غيوم نارية متوهجة تتجاوز حرارتها ٥٠٠°م، وربما تحركت بسرعة تتجاوز ١٦٠ كم/ ساعة.

### وادی العشرة آلاف مدخنة

هناك منطقة فى آلاسكا بأمريكا الشمالية تدعى وادی العشرة آلاف مدخنة، وهى منطقة بركانية ممتلئة بالشقوق والفتحات التى تنبعث منها الغازات والأبخرة البركانية فيما يعرف باسم النافثات البركانية.

ويقدر ما ينطلق من هذ النافثات البركانية سنويا من غاز كلوريد الهيدروجين (HCl) بأكثر من ١,٢٥٠,٠٠٠ طن، ومن فلوريد الهيدروجين (HF) بأكثر من ٢٠٠,٠٠٠ طن، بالإضافة إلى غازات أخرى وعدد كبير من المركبات الكيميائية، التى يترسب بعضها حول النافثات، ويتشتت بعضها الآخر فى الغلاف الجوى ليرسب بفعل الأمطار فى مناطق بعيدة عن آلاسكا ومدانها.

ولا يقتصر دور بعض البراكين على تلويث البيئة من هواء وماء وتربة، بل إن بعض البراكين قد قضت على حضارات عبر التاريخ القديم.

ومن تلك البراكين الجبارة بركان سانتورين Santorin فى إحدى الجزر التى تقع شمال جزيرة كريت، فى البحر الأبيض المتوسط، بنحو ١٢٥ كم.

وقد نشأت فى جزيرة كريت حضارة راقية فى الألف الثالث قبل الميلاد، واستمدت كثير من عناصرها الحضارية من الحضارة الفرعونية، وتكونت فى كريت فى أثناء ازدهار حضارتها مدن كبيرة مثل كنوسوس العاصمة فى الشمال الغربى من الجزيرة، وشيدت بها القصور الفخمة مثل قصر حاكم المدينة، ويعرف باسم المينوس (لفظ يقابل لفظ الفرعون فى مصر)، واستمرت حضارة كريت مزدهرة حتى منتصف الألف الثانى قبل الميلاد (١٥٠٠ - ١٤٠٠ ق م)، حيث انهارت فجأة فى هذا الوقت.

وهناك من يرى حالياً أن الحضارة الكريتية (أو المنيوية - نسبة إلى المينوس) قد انهضت بسبب انفجار بركان سانتورين انفجاراً عنيفاً في حوالى سنة ١٥٠٠ قبل الميلاد.

ولبركان سانتورين ثورات عنيفة فى العصور التاريخية مثل ثورات ١٩٢٨، ١٩٣٨، ١٩٥٠ م.

وهناك مؤشرات جيولوجية تبين أن بركان سانتورين قد انفجر فى ثورة عاتية فى حوالى سنة ٢٣٠٠ قبل الميلاد، وفى سنة ١٥٠٠ ق م - كما ذكرنا آنفاً - وأن انفجار سنة ١٥٠٠ قبل الميلاد يقضاهى انفجار بركان كراكاتوا فى جنوب شرق آسيا سنة ١٨٨٣ م.

يرى العلماء أن انفجار بركان سانتورين ١٥٥٠ قبل الميلاد قد ولد موجات طوفانية بحرية عاتية أغرقت الجزر فى المنطقة، ومنها جزيرة كريت، هذا بالإضافة إلى الأتربة والغازات التى انطلقت فى السماء وانتشرت فى مساحات واسعة فحجبت ضوء الشمس عن تلك المناطق وانتشر فيها الصقيع، فماتت النباتات وعمت المجاعات حتى وصلت مصر فى ذلك الوقت.

وهناك أدلة قوية على أن الأرض شهدت فى تاريخها الطويل ثورات بركانية عاتية يصعب تصور مدى آثارها التدميرية على البيئة والحياة على سطح الأرض بصفة عامة.

#### **وانقرضت الديناصورات بسبب التغيير فى البيئة**

يرى البعض أن الديناصورات التى عاشت وانقرضت منذ نحو ٢٥٠ مليون سنة قبل ظهور الإنسان على الأرض، قد انقرضت بصورة فجائية بسبب تغيرات قاسية فى البيئة؛ بسبب ثورات بركانية عاتية، أو بسبب رخات نيازك أفستت بيئة الأرض، فاختفت الديناصورات العملاقة سواء بالغازات السامة، أو أنها لم تجد ما تأكله؛ بسبب التغيرات الفجائية القاسية فى البيئة... مما يوحى بأن التغيرات الشديدة فى البيئة قد تؤدى إلى انقراض الحياة على الأرض سواء بصورة تدريجية (كما هو حادث الآن) أو بصورة فجائية كما حدث فى عصر الديناصورات.

## الرصاص.. محطّم روما

يعد كثير من الفلزات الثقيلة مواد سامة وملوثة للبيئة، مثل الرصاص والزنبق والحديد والحارصين والنيكل والقصدير والكاديميوم... إلخ.

ويقف الرصاص على رأس هذه القائمة السامة من حيث الشهرة التاريخية فى القتل والتدمير...

فجميع أملاح الرصاص سامة، والرصاص يعمل كسم مركب (سم جمعى)؛ لأن التخلص منه عن طريق الكليتين ببطء جدا، ومن ثم يجب أن تؤخذ أكبر درجات الحيلة لتفادى حدوث التسمم نتيجة دخول الرصاص عن طريق الفم أو الأنف (التنفس)، ومن هذه الناحية عرف الرصاص تاريخيا باسم محطّم روما، حيث استخدم أهل روما الرصاص (وكانوا يجلبونه من خارّج روما) فى صناعة خط أنابيب مياه الشرب فى روما القديمة.

وقد أثبت علماء الآثار أن الماء الذى كان يشربه أهل روما كان مشبعا بشانى أكسيد الكربون، الذى يذوب جزئيا فى الماء مكونا حمض الكربونيك. ويتفاعل هذا الحمض مع الرصاص مكونا كربونات الرصاص التى تذوب فى الماء.

وعندما تدخل كربونات الرصاص فى جسم الإنسان فإن الرصاص يحل جزئيا، وبالتدريج محل الكالسيوم فى العظام، مما يؤدى بمرور الوقت إلى حدوث متاعب صحية خطيرة، خاصة إذا كان الرصاص من النوع المشع (الذى يتكون فى الطبيعة نتيجة التحلل الإشعاعى للتقائى لليورانيوم والثوريوم)... وبمرور الوقت تشبعت أجسام أهل روما بعنصر الرصاص السام، وكان ذلك أحد أسباب تدهور وانهار الحضارة الرومانية فى رأى بعض مؤرخى هذه الحضارة.

وعلى ذكر مياه الشرب التى تلوّث (تسممت) بالرصاص فى روما القديمة، هناك قصة تاريخية طريفة أخرى بطلها القصدير والفضة فى مياه الشرب أيضا...

فقد جاء فى كتب تاريخ غزوات الإسكندر المقدونى (٣٥٤ - ٣٢٣ ق م) لبلاد الشرق، وأثناء اجتياح جيوش الإسكندر الأكبر الأسطورية لبلاد الحضارات

القديمة فى الشرق، تعرضت هذه الجيوش لحادثة غريبة لم يعرف لها تفسير آنذاك،  
ففى عام ٣٢٧ قبل الميلاد وصلت هذه الجيش حدود الهند القديمة، وكان الانطباع  
الساكن وقتذاك أنه ليس بالإمكان وقف زحف هذه الجيوش أو مقاومتها، وفجأة  
انتشرت الأمراض المعوية فى صفوف الجيوش الغازية مما أنهكها وأضعف قواها،  
وبدا الجنود يطالبون بالعودة إلى ديارهم، واضطر الإسكندر إلى الانسحاب والعودة  
من حيث أتى.

والطريف أن الأمراض المعوية كانت من نصيب الجنود دون القادة فى جيوش  
الإسكندر الأكبر، وذلك على الرغم من أن الجميع يعانون من أهوال الحرب فى  
هذه المسيرة القاسية من حلفاء الصراع بين الشرق والغرب عبر التاريخ. ولم  
يتمكن أحد فى ذلك الوقت من إيجاد تفسير لهذه الظاهرة الغريبة، وبقيت لغزا  
طيلة أكثر من ألفى سنة. وأخيرا تبين السبب فى كتوس الشرب، إذ كان الجنود  
يشربون من كتوس مصنوعة من القصدير، أما القادة فكانوا يشربون من كتوس  
مصنوعة من الفضة الخالصة. وللفضة خاصية هامة، وهى أنها تقضى على الجراثيم  
الموجودة فى الماء، فلتعقيم لتر من الماء يكفى أن تذاب فيه بضعة أجزاء من المليون  
من الجرام من الفضة، ولهذا كان قادة جيوش الإسكندر المقدونى أقل تعرضا  
للإصابة بالتزلات المعوية من جنودهم؛ نظرا لاستخدامهم الكتوس الفضية<sup>(٢)</sup>.

الجدير بالذكر أن كثيرا من حضارات الشرق كانت تعرف خاصية الفضة  
هذه، فكان ملوك الفرس يحفظون المياه فى أثناء رحلاتهم وغزواتهم فى أوان  
فضية.

وجاء فى الكتب الهندية القديمة أنه لتعقيم مياه الشرب يتم غمس قطع  
محمية من الفضة فيها، وكانت العادة المتبعة فى معظم بلاد الشرق أن ترمى قطعة  
نقدية فضية فى آبار الشرب لتقديسها (لتعقيمها بلغة هذا العصر).

ومن الملوثات أيضا المركبات الكيميائية العضوية، مثل مشتقات البترول  
والأحماض، والمخلفات الصناعية وأكثرها خطورة مبيدات الحشرات والقوارض  
ومبيدات الحشائش ومعظمها يتدرج تحت لواء الهيدروكربونات الكلورة مثل

الـ د. د. ت. DDT، بالإضافة إلى المخصبات الكيميائية والبيولوجية (المهرمونات ... إلخ)، بالإضافة إلى المواد العالقة فى الهواء مثل السناج والدخان والأتربة وغيرها.

وللنفايات الصلبة والمواد المشعة والضوضاء والطاقة الحرارية، والموجات الكهرومغناطيسية التى تنتشر فى البيئة دور خطير فى تلوث البيئة وتسمم الكائنات الحية النباتية والحيوانية، والتى ينتهى بها المطاف إلى جسم الإنسان فتعمل فيه كالفيروس، وسواء شعر الناس بذلك أو لم يشعروا فإن هذه الملوثات التى تدخل أجسامهم سوف تقضى عليهم فى النهاية، وعلى هذا الأساس فإن الوقاية خير ألف مرة من العلاج.

### ملوثات قابلة للتحلل وأخرى ثابتة

يمكن تقسيم الملوثات إلى مجموعتين: إحداهما تتحلل تلقائياً أو بفعل العوامل الطبيعية أو البيولوجية (البكتريا بصفة خاصة) ومن ثم تقل أخطارها بمرور الوقت.

أما المجموعة الثانية فهى الأكثر خطورة، خصوصاً على المدى البعيد، وهذه الملوثات أكثر صموداً تجاه عوامل التحلل فى الطبيعة، ومن ثم تظل آثارها باقية فى البيئة.

وقد تتفاعل الملوثات مع مركبات أخرى أو مع بعضها فى ظروف ملائمة، ويتج عنها مركبات أكثر خطورة وتلويثاً للبيئة، وبالتالي تزداد أخطار هذه النوعية من الملوثات بمرور الوقت، خصوصاً أثناء مرورها فى الدورة الغذائية (من النبات إلى الحيوان ثم الإنسان).

### القدر المسموح من الملوثات

من طرائف موضوع تلوث البيئة ما يردده البعض (أفراد أو هيئات علمية أو وسائل إعلام ... إلخ) من أن هذا المنتج الصناعى أو ذاك، أو أن هذه المخلفات الصناعية أو الزراعية أو تلك ... إلخ تحتوى على القدر المسموح به «عالمياً» من



الملوثات (وتشمل المواد الكيميائية الحافظة، أو المحسنات الصناعية أو اللونية أو غيرها... ). وهذا فى الواقع خطأ كبير، ونضرب لذلك مثلاً بالزئبق..

ومعروف أن الزئبق سام جداً، رغم أنه دخل الطب منذ آلاف السنين، ولا يزال، فمثلاً يستعمل السليمانى (كلوريد الزئبق ثنائى التكافؤ) كمعقم، والكالوميل (كلوريد الزئبق أحادى التكافؤ) كملين أو مسهل. وتستخدم بعض مركبات الزئبق كمدر للبول، وأيضاً فى المراهم لعلاج الأمراض الجلدية... .

ونظراً لسمية الزئبق الشديدة فإن احتياطات وتدابير وقائية صارمة تتخذ فى أثناء التعامل مع الزئبق ومركباته.

وبخار الزئبق سام جداً، وأنه يكفى عند سكب بعض قطرات من الزئبق فى أحد المختبرات التى لا تراعى فيها التدابير الوقائية المناسبة، أن يتشبع المختبر ببخار الزئبق ويصاب العاملون فى هذا المختبر بالتسمم الزئبقى. والمعروف أن الزئبق يفرز من الجسم عن طريق البول أو العرق ببطء شديد جداً، وبالتالي تتجمع ذرات الزئبق فى جسم الإنسان وتؤدى إلى إصابته بالأمراض الخبيثة. ويبدأ ظهور أول أعراض التسمم الزئبقى بإدماة اللثة، يتبعها صداع وضعف فى الذاكرة وعسر فى الهضم، وأخيراً إتلاف الجهاز العصبى.

ونترك هذا الاستطراء مسرعين ونعود إلى حكاية القدر المسموح به من الملوثات..

فقد وقعت أكبر حالات التسمم الزئبقى فى العصر الحالى فى خليج ماناماتا فى اليابان عندما تعرض سكان المنطقة للتسمم الزئبقى إثر تناول أسماك ملوثة بهذا العنصر.

وبعد البحث اتضح أن أحد مصانع اللدائن (البلاستيك) كان يلقى بنفاياته فى ماء البحر، ورغم أن تلك النفايات كانت تحتوى على القدر المسموح به من الزئبق، إلا أن الزئبق تراكم فى أجسام الأسماك من خلال دورة الغذاء الطبيعية (حيث إن مركبات الزئبق لا تتحلل بفعل البكتيريا أو غيرها)، وظهرت حالات

التسمم الزئبقى إثر تناول الأسماك والمحاريات والرخويات الآتية من مياه خليج ماناماتا خلال شهر أبريل ١٩٥٦م، وفى فبراير ١٩٧١م تجاوز عدد المصابين بالتسمم الزئبقى ١٣٠ شخصا، مات نصفهم بعد أن أصيبوا باضطراب فى المخ والأعصاب.

### ملوثات عالمية

معظم الملوثات لا تعرف الحدود ولا تقف عند الحواجز، فالإشعاعات النووية الناتجة عن التجارب النووية أو التسرب من المفاعلات النووية كما حدث فى مفاعل وندسكال Windscale البريطانى عام ١٩٥٧م، ومفاعل ثرى مايلز أيلند فى الولايات المتحدة الأمريكية عام ١٩٧٩م، ومفاعل ويستفاليا بألمانيا الغربية سنة ١٩٨٥م، وأخيرا مفاعل تشرنوبيل بأوكرانيا سنة ١٩٨٦م. فهذه الإشعاعات النووية لوثت البيئة العالمية بدرجات متفاوتة.

والتراب والغازات البركانية التى تصاعد بصفة مستمرة أو بصورة فجائية متقطعة... هى الأخرى إحدى عوامل تلوث البيئة العالمية.

والتراب النيزكى (النيزك: من كلمة نيزة الفارسية ومعناها السهم، وهى أجسام صلبة تساقط من الفضاء الخارجى وتدخل بيئة الأرض، وبعض النيازك كبيرة الحجم تصل إلى مئات وآلاف الأطنان، أما أغلب النيازك فهى صغيرة مثل حبات الرمل أو أصغر...) الذى يتساقط من الفضاء الخارجى ويستقر فى البيئة الأرضية له دور كبير فى تلوث البيئة.

وهناك من يرى أن بعض هذه النيازك يأتى إلى بيئة الأرض حاملا أنواعا غريبة من الكائنات العضوية سرعان ما يظهر أثرها على هيئة أمراض غريبة، وعموما فإن النيازك قديمة قدم الأرض ذاتها، ولم يدرس دور النيازك فى تلوث البيئة دراسة كافية حتى الآن.

والأمطار الحمضية ملوث عالمى آخر، حيث تتولد مصادرها فى مواقع، وتنتشرها الرياح إلى مناطق أخرى، وترسبها الأمطار بعد ذلك. كما حدث فى

شمال غرب أوروبا، حيث سقطت الأمطار الحمضية فى السويد والنرويج، وكانت بسبب ذوبان غارات المصانع البريطانية التى حملتها الرياح من بريطانيا إلى شمال غرب أوروبا.

وكثير من الأنهار الكبيرة فى العالم تخترق عدد من الدول بدءا من المنبع وحتى المصب، ومن ثم فإن أى تلوث لمياه مثل تلك الأنهار سيصيب عددا كبيرا من الدول سواء التى سببت التلوث أو غيرها من الدول التى تجرى تلك الأنهار فى أراضيها.

### ولوث الـ د. د. ت البيئة العالمية.

أما أخطر الملوثات العالمية، والتى انتشرت بشكل وبائى فى فترة وجيزة فى كل البيئة العالمية، فهو المبيد الحشرى والمعروف بـ د. د. ت DDT، وهو هيدروكربون مكلور - وكما ذكرنا آنفا - فإن الهيدروكربونات المكلورة هى أخطر الملوثات بصفة عامة.

وكانت مركبات د. د. ت قد استخدمت كمبيد حشرى فى نهاية الثلاثينيات، وشاع استخدامها على نطاق واسع منذ نهاية الحرب العالمية الثانية فى كل أنحاء العالم، وأصبحت منذ ذلك الحين إحدى أكبر ملوثات البيئة العالمية، سواء المياه أو الهواء أو التربة الزراعية.

ووجدت تركيزات عالية نسبيا من الـ د. د. ت فى شحوم وأكباد طائر البنجوين الذى يعيش فى القارة القطبية الجنوبية - ووصلت تركيزات هذا المبيد الحشرى الخطير إلى ١٠٠ جزء فى البليون فى بعض طيور البنجوين - وعزى ذلك إلى انتشار هذه الملوثات بالهواء الجوى حتى وصلت إلى القطب الجنوبي<sup>(١)</sup>.

ويندرج الـ د. د. ت ضمن الملوثات التى تتحلل بمرور الوقت، حيث ينخفض تركيزها فى التربة الزراعية إلى ربع التركيز الأصيل بعد مضى نحو أربع سنوات على استخدام هذه المبيدات.

الجلدير بالذكر أن هناك بعض الملوثات التي تزيد سميتها بمرور الوقت، حيث تتحول من صورة إلى أخرى مثل مركبات الزئبق غير العضوية الموجودة في قيعان البحيرات والأنهار، فإنها تتحول في غضون ١٠ - ١٠٠ سنة إلى مركبات عضوية مثل الزئبق الميثيلي Methyl Mercury، وهو شديد الخطورة على الأحياء الحيوانية والنباتية في هذه البحيرات والأنهار.

أما المواد المشعة فإنها تلوم أزمانا طويلة، وقد يتحول بعضها إلى عناصر أكثر إشعاعية وخطورة، ومن ثم تعد المواد المشعة من أخطر الملوثات العالمية أو المحلية على الإطلاق.

وهناك عوامل بيولوجية معينة قد تساعد على تركيز بعض الملوثات في أجزاء معينة في البيئة التي تنتشر فيها هذه الملوثات، وبالتالي فإن تركيز الملوث الواحد قد يتفاوت في مكونات البيئة تفاوتاً كبيراً. ففي دراسة أجريت على إحدى البحيرات في ميشيغان بالولايات المتحدة الأمريكية وجد أن تركيز الـ د. د. ت يتفاوت في بيئة هذه البحيرات تفاوتاً كبيراً على النحو التالي:

- ١ - طين قاع البحيرة يحتوى على ٠,١٤ جزء في المليون د. د. ت.
  - ٢ - القشريات القاعية تحتوى على ٠,٤١ جزء في المليون د. د. ت.
  - ٣ - الأسماك تحتوى على ٣-٦ جزء في المليون د. د. ت.
  - ٤ - شحوم طائر النورس تحتوى على ٢٤٠٠ جزء في المليون د. د. ت.
- ويعزى تركيز الـ د. د. ت في شحوم طائر النورس؛ لأنه يتغذى على أسماك هذه البحيرة، وربما كان لطبيعة هذه الشحوم دور في تركيز الـ د. د. ت فيها، حيث إن الـ د. د. ت يذوب في هذه الشحوم أكثر من ذوبانه في الماء.

#### سلسلة الغذاء هي المسئولة عن تركيز الملوثات

قد يكون لسلسلة الغذاء دور فعال في تركيز ملوثات معينة في جسم الإنسان. فقد وجد أن تركيز عنصر السيزيوم (١٣٧) في أجسام سكان المناطق

القطبية الشمالية يزيد بنحو ١٠ - ١٠٠ مرة عن تركيز هذا العنصر فى أجسام سكان المناطق الدافئة.

ويعود السبب فى ذلك إلى أن بعض الحشائش التى تنمو فى الاصقاع الباردة تجمع هذا العنصر فى أجسامها (وهى ظاهرة معروفة - فتجد نباتا معنا يهوى تجميع وامتنصاص عنصر معين من التربة أكثر من غيره)، وتتغذى حيوانات الرنة على الحشائش المجمعة للسيزيوم (١٣٧)، ثم يتغذى سكان تلك المناطق على لحوم الرنة فتركز فى أجسامهم نسبة عالية من عنصر السيزيوم (١٣٧).

والسيزيوم (نسبة إلى كلمة سيزيوس اللاتينية، ومعناها الأرق السماوى؛ وذلك لأن لون طيف هذا العنصر أزرق) هو أحد عناصر الأقلاء، خفيف الوزن، وهو يستخدم أساسا فى صنع الخلايا الضوئية - وهى أجهزة تحول الضوء العادى إلى طاقة كهربائية، ويستخدم أيضا فى صناعات ضوئية متقدمة مثل الإرسال التلفزيونى والنقل التلغرافى للصور إلى مسافات بعيدة، وفى الرؤية والتصوير فى الظلام، وفى الأغراض العسكرية للكشف عن الأهداف والتصويب إليها بدقة بالغة فى الظلام... إلخ.

وفى جبال الروكى والسهول الشمالية من أمريكا الشمالية توجد تربات جيرية من العصر الطباشيرى تحتوى على تركيزات عالية نسبيا من عنصر سام جدا هو السيلينيوم.

وينعكس ذلك على النباتات التى تنمو فى هذه التربة الغنية بالسلينيوم، ويتنقل السلينيوم (أخذ السلينيوم اسمه من كلمة سيلين اللاتينية ومعناها القمر) إلى أجسام الحيوانات التى تتغذى على النباتات. وأخيرا، يجد هذا العنصر السام طريقه إلى جسم الإنسان إذا تغذى على لحوم الحيوانات أو النباتات فى منطقة جبال الروكى والسهول الشمالية لأمريكا الشمالية.

الجدير بالذكر أنه ليست كل التربات الزراعية التى تحتوى على عنصر السيلينيوم تعتبر مسممة بهذا العنصر أو ناقلة لهذا العنصر إلى جسم النبات والحيوان، حيث يتوقف انتقال العناصر الكيميائية من التربة الزراعية إلى النباتات

التي تنمو فيها على رقعها الهيدروجيني، أى خواصها الحامضية أو القلوية. فالتربة المرتبطة بتسمم السيليوم - كما هو الحال فى جبال الروكى والسهول الشمالية لأمريكا الشمالية - تكون جيرية ولها خواص قلوية (رقعها الهيدروجيني ٨ أو أكثر). وتتكون فى مثل هذه التربة مركبات كيميائية للسيليوم تذوب فى الماء، ومن ثم تمتصها النباتات بسهولة.

ويندر وجود التسمم بالسيليوم أو مرض زيادة عنصر السيليوم فى التربة الزراعية الحامضية حتى ولو احتوت هذه التربة على نسبة عالية من السيليوم، أى أن هناك تربة زراعية غنية بعنصر السيليوم ولكنها تربة غير سامة كما هو الحال فى جزر هاواى وغيرها<sup>(٣)</sup>.

والسيليوم كما ذكرنا أنفا عنصر سام جدا، ويرافقه فى الطبيعة عناصر سامة أخرى أهمها الزئبق والرصاص والكبريت. وهناك طمعة فريدة للمعادن التى تحتوى على قدر من السيليوم، وهى أنها تطلق رائحة البصل Horse - Radish عند تسخينها أو ترطيبها بالماء.

وإذا أضيف السيليوم بكمية ضئيلة إلى الزجاج الأخضر فإن هذا الزجاج يصبح شفافا (كريستال)، فإذا أضيف السيليوم بكمية كبيرة إلى عجينة الزجاج اكتسب الزجاج اللون الأحمر، وهو الزجاج الذى يستخدم فى عمل إشارات المرور الحمراء.

أما أسوأ استخدامات السيليوم من وجهة النظر البيئية فهو استخدامه كممانع للفرقة فى البتزين حيث يحترق ويضاف عادته إلى الهواء الجوى مع عادم البتزين، ومن ثم يلوث الهواء، كما يستخدم السيليوم فى صناعة مبيدات الحشرات والقوارض وفى حماية الخشب من السوس، وتستخدم بعض أملاح السيليوم فى معامل التصوير الفوتوجرافى بدلا من أملاح الذهب الغالية الثمن.

وكما ذكرنا سابقا يتوقف امتصاص السيليوم فى النباتات على كيميائية التربة الزراعية ووجود أو غياب بعض العناصر الكيميائية الأخرى، وكلها سامة، مثل الكاديوم والزرنيخ والزئبق والنحاس... إلخ.

وقد استهوت كيميائية السيلينيوم وانتقاله إلى جسم الإنسان ضمن سلسلة الغذاء، عددا من الباحثين وذلك منذ فترة طويلة، فقد دون الرحالة البندقى ماركو بولو فى أثناء رحلته من البندقية إلى الصين فى عام ١٢٩٥م أن بعض الدواب المحلية فى مضارب ومرتفعات العديد من الدول الآسيوية قد تعودت بغريزتها على تجنب تناول أعشاب معينة. أما الدواب المشابهة والتي أتى بها من مناطق أخرى فقد ماتت بعد أن تناولت هذه الأعشاب، حيث أصيبت هذه الحيوانات بانتفاخ البطن.

ووجد العلماء فيما بعد أن النباتات التي أشار إليها ماركو بولو (وكان مواطنوه يسمونه ماركو الملايين، خاصة بعد أن عاد من رحلته الشهيرة وأخذ يتحدثهم عما رآه من عجائب الشرق) هي نباتات مجمعة (جامعة) لعنصر السيلينيوم. وإن المرض الذي أصاب الدواب التي أكلت هذه الأعشاب هو مرض التسمم بالسيلينيوم Blind stagger.

ويصاب الإنسان بمرض التسمم بالسيلينيوم إذا تغذى على نباتات ومنتجات حيوانية تحتوى على هذا العنصر السام.

الجدير بالذكر إن جسم الإنسان يحتوى على قدر ضئيل من السيلينيوم، الذي يدخل فى بناء أحد الإنزيمات الضرورية للحياة (انظر الفصل الثانى).

### وانخفاض تركيز الكادميوم فى محصول الأرز

الكادميوم عنصر سام جدا وله استخدامات علمية وصناعية عديدة ومتنوعة، أطرفها استخدامه فى مختبرات الأدلة الجنائية للكشف عن البصمات وذلك برش طبقة رقيقة من مسحوق الكادميوم على الأسطح فتظهر عليها بصمات الأصابع بوضوح تام.

أما أسوأ استخدامات الكادميوم من الناحية البيئية فهو استخدامه فى صناعة الصواريخ النارية، حيث إن الكديميوم يلون اللهب بلون أزرق جميل.

وقد اهتم الباحثون ودرسوا احتمالات دخول الكادميوم فى السلسلة الغذائية، ووجدوا أن رطوبة التربة تؤثر تأثيرا كبيرا على انتقال وتركيز عنصر الكادميوم وغيره من العناصر السامة فى النباتات التى تنمو فى التربة الزراعية الغنية بهذه العناصر، فقد انخفض تركيز الكادميوم فى حبات الارز حينما تظل نباتات الارز تنمو فى حقول مغمورة بالماء بصفة مستمرة<sup>(٣)</sup>. وفى نفس الوقت فإن زيادة رطوبة التربة الزراعية تزيد من تركيز عنصر الموليبدنيوم فى النباتات إذا احتوت هذه التربة على عنصر الموليبدنيوم. ومعروف أن هذا العنصر يتواجد بتركيز عال نسبيا فى التربة الزراعية المشتقة من الصخور النارية وخاصة الجرانيت.

وعموما يتوقف تركيز العناصر الكيميائية السامة وغيرها فى النباتات على درجة ذوبانية مركبات هذه العناصر فى التربة الزراعية، وتختلف تركيزات العناصر الكيميائية فى البيئة الواحدة اختلافا كبيرا ومثال ذلك عنصر الكالسيوم والاسترنتشيوم.

فعنصر الكالسيوم والاسترنتشيوم (٩٠) عنصرين متشابهين فى خواصهما الكيميائية، ورغم ذلك فإن لكل منهما مسارا مغايرا للآخر فى أجسام النباتات والحيوانات والإنسان.

فنسبة الاسترنتشيوم (٩٠) / الكالسيوم فى النباتات تكون نحو نصف هذه النسبة فى التربة التى تنمو فيها هذه النباتات. مما يعنى أن النباتات تمتص الكالسيوم بدرجة أكبر من امتصاصها للاسترنتشيوم.

الجدير بالذكر أن لعنصر الاسترنتشيوم (نسبة إلى قرية سترونشيان فى اسكتلندا) أكثر من ١٦ نظيرا، أكثرها شهرة هو الاسترنتشيوم (٩٠). وقد بدأت شهرته بعد العثور عليه ضمن الغبار النووى المنطلق أثناء الانشطار النووى، حيث يتكون هذا النظير المشع مع نظائر مشعة أخرى لعناصر كثيرة.

وتأتى خطورة الاسترنتشيوم (٩٠) فى كونه يسلك مسلك الكالسيوم كما ذكرنا آنفا. ويرافقه فى المواد الغذائية، الحيوانية والنباتية التى تتعرض للتلوث الإشعاعى.



وإذا دخل الاسترنتشيوم (٩٠) في جسم الإنسان فإنه يكون بؤرا مشعة خطيرة تؤدي في النهاية إلى الإصابة بالأمراض الخبيثة.

الجدير بالذكر أن نسبة الاسترنتشيوم (٩٠) الكالسيوم تنخفض إلى الثمن (٨/١) في ألبان الأبقار التي تتغذى على نباتات تنمو في تربات غنية نسبيا بهذا العنصر المشع.

وتنخفض نسبة الاسترنتشيوم (٩٠) الكالسيوم في عظام الإنسان إلى نحو ربع هذه النسبة في غذاء الإنسان. وذلك بسبب انتقاء العظام للكالسيوم بدرجة أكبر من انتقائها للاسترنتشيوم مما يعنى أن هناك أجهزة بيولوجية (لم تعرف بعد) في داخل كل جسم تضبط وتنظم تركيز العناصر في داخل الجسم. ونتيجة لذلك فإن نسبة الاسترنتشيوم (٩٠) الكالسيوم في عظام الإنسان لا تزيد عن قدر ضئيل من هذه النسبة في التربة الزراعية والتي تبدأ منها السلسلة الغذائية.

#### ويخلق الضباب الدخاني النباتات

ترك الملوثات بصمات قاسية وآثارا سلبية على الإنسان والحيوان والنبات وحتى الجماد.

فالنباتات تتأثر بتأثير بالغ بالتلوث. وقد تصاب النباتات بالاختناق بفعل الضباب الدخاني، وقد يتوقف نموها إذا زاد هذا الضباب عن حد معين أو قد تتعوق، أو لا تنمو بالمرّة مثل الأركيدا والسبانخ والخض الأفرنجى وغيرها.

ونظرة عابرة إلى بعض النباتات الورقية في بعض الشوارع في بعض المدن شديدة التلوث مثل القاهرة تبين مدى الأضرار التي يسببها الضباب الدخاني الكثيف الذي تنفثه السيارات في هذه الشوارع.

ولاكاسيد الكبريت التي تتصاعد من مابك المعادن والصناعات التي يدخل الكبريت ومركباته فيها، وفلوريد الهيدروجين والذي يتصاعد من مصانع الأسمدة والألومنيوم وغيرها أثر بالغ السوء على نمو النباتات بصفة عامة حتى لو كانت هذه الملوثات موجودة بتركيزات منخفضة في البيئة فإنها تصيب النباتات بالعجز وتقلل من محاصيلها وجودة هذه المحاصيل.

ومعروف أن حساسية النباتات تجاه الملوثات تتفاوت تفاوتاً كبيراً. ورغم ذلك فقد تحدث الملوثات سواء في الهواء أو الماء أو التربة، تغييرات جذرية في النباتات.. وهي تغييرات غير مرغوبة.

### **وتتخطى أسطح البرك بالطحالب**

إذا تجول الإنسان في بعض المناطق الزراعية في الدلتا أو وادي النيل فإنه يشاهد منظراً يكاد يكون متشابهاً وهو وجود طبقة كثيفة من الطحالب تغطي مياه البرك وبعض المصارف الزراعية.. ولم تكن هذه الظاهرة مألوفة بهذا الشكل في الماضي القريب ومرد ذلك إلى التلوث الشديد في مياه هذه البرك والمصارف المائية، حيث يؤدي تركيز بعض المخصبات النباتية مثل الفوسفور والستروجين والكربون وغيرها في الأجسام المائية الراكدة إلى نمو الطحالب بصورة مكثفة تثير الانتباه، وتدل على زيادة التلوث بدرجة غير محتملة.

### **عصافير الكناريا كأجهزة إنذار لتلوث الهواء**

ويؤدي تلوث الهواء إلى إصابة العيون والصدور بالالتهابات في الإنسان والحيوان. ولبعض الحيوانات والطيور حساسية خاصة تجاه ملوثات الهواء مثل عصافير الكناريا التي يمكنها اكتشاف الغازات السامة في الهواء، ومن ثم فقد استخدمها الإنسان للكشف عن الغازات السامة في مناجم الفحم.

ويؤدي تلوث المياه إلى موت العديد من الأحياء المائية وذلك بسبب صب مخلفات المصانع وغيرها في المجارى المائية.

وعموماً يؤدي صب المخلفات الصناعية في مياه الأنهار والبحيرات إلى جعلها غير صالحة للاستخدام الإنسانى. وعندما تستخدم هذه المياه في الزراعة أو سقى الحيوانات فإن هذه الملوثات تتركز في النباتات وأجسام الحيوانات لتصل في النهاية إلى جسم الإنسان وتصيبه بالتسمم.

ولا يقتصر تلوث المياه على التلوث الكيميائى أو البيولوجى (البكتيرى) فقد تتلوث هذه المياه تلوثاً حرارياً، فإذا زادت درجة حرارة مياه الأنهار أو البحيرات عن حد معين أودت الحرارة الزائدة بحياة قاطنى هذه المياه من الأحياء المائية.

ويتفاوت تأثير الجرعات المخففة من الملوثات من شخص لآخر كما هو الحال فى كثير من الأدوية، فتجد دواء يسبب آثارا جانبية لشخص بينما لا يظهر ذلك على غيره، بل إن ذلك قد يظهر على الشخص الواحد فى مراحل مختلفة من حياته. وقد عرف الأطباء منذ العصور القديمة أن العقاقير تختلف فى صفاتها ومن ثم فى سلوكها وأثرها (نفعاً أو ضراً) من جسم لآخر.

فالدواء الواحد قد يصلح لحاله مرضية معينة ولا يصلح لغيرها على الرغم من التشابه الظاهرى فى الحالتين، فجسم الإنسان جهازٌ بالغ التعقيد، وكذلك الحال فى الملوثات، فعلى الرغم من أنها ضارة وسامة لكل البشر، غير أن ضررها يكون شديداً فى حالات وأقل شدة فى حالات أخرى. ومثال ذلك الطرطير المقىء (طرطرات البوتاسيوم الأنثيمونية) قد يكون قاتلاً عند جرعات فى حدود ١٣٠ مليجرام. غير أن هناك أشخاصا يتحملون الجرعات الزائدة من الطرطير والتي تصل إلى ١٥ جرام<sup>(١)</sup>.

الجدير بالذكر أن التركيزات المنخفضة من بعض الملوثات قد لا يظهر آثارها على الجسم إلا بعد فترات زمنية طويلة من تعرض الأجسام لتلك الملوثات. ومثال ذلك العاملون فى صناعة الأسبتوس.

وتراب الأسبتوس إذا دخل رئة الإنسان فإنه يصيبها بسرطان الرئة والتحجر. وقد لا تظهر تلك الأخطار إلا بعد مضى ٢٠ - ٣٠ سنة من التعرض لتراب الأسبتوس واستنشاقه.

والأسبتوس صخر يتكون من معادن ليفية، حريرية طرية يمكن غزلها فى خيوط ونسجها على هيئة قماش وهو مقاوم للأحماض ولا يحترق، واستخدم منذ زمن بعيد فى صنع فتائل مصابيح الإضاءة بالزيت، ويستخدم الآن لنفس الغرض بالإضافة إلى صناعة الملابس الخاصة برجال إطفاء الحرائق... إلخ.

### أمراض بيئية

هناك بعض الدلائل على أن بعض الأمراض الشائعة إنما تنشأ بسبب تلوث البيئة، فهى إذن أمراض بيئية ومثال ذلك الربو والانتفاخ والالتهاب الشعبى.

وتنشأ هذه الأمراض فى الغالب بسبب تعرض الإنسان للملوثات معينة بتركيزات منخفضة خلال فترة زمنية طويلة. وبسبب انخفاض تركيز هذه الملوثات فإنها لا تحدث أضرارا حادة سريعة، ولكنها تراكمت ويزيد تأثيرها بمرور الوقت ويعتمد ذلك على الظروف الكيميائية والصحية للجسم والمواد الملوثة التى تعرض لها.

#### ما أصلح الدواء شيئا إلا أفسد مثله

ينسب هذا القول فى كتب تاريخ العلم إلى الطبيب العربى المشهور الذى عاش فى زمن الجاهلية وهو الحارث بن كلدة الثقفى الذى نشأ فى الطائف وتعلم الطب فى مدرسة جندى سابور الفارسية وغيرها. . وذاع صيته فى الجاهلية وتناقل الناس أخبار محاوراته مع كسرى أنوشروان ملك الفرس. . . ويدل قول الحارث هذا على نظرته الشاقبة وخبرته العملية وتجاربه الواسعة وإطلاعه على تراث الحضارات القديمة فى الطب والدواء.

ويقول الأطباء اليوم أن الجرعات الزائدة من كثير من العقاقير تترك آثارا سامة على الإنسان سواء أحس بها الإنسان على عجل أم ظهرت تلك الآثار بعد زمن. الجدير بالذكر أنه لا توجد حدود فاصلة كبيرة بين الجرعات السامة والجرعات الشافية فى معظم العقاقير.

ومع أن الماء هو مصدر كل شئ. حتى فى الأرض فإن الماء يصبح مصدرا لكثير من الأمراض إذا كان ملوثا

ولا يزال قطاع كبير من العائلة البشرية يشربون مياهها غير نقية، بل إن البعض يشرب مياهها ملوثة كيميائيا أو بيولوجيا أو الاثنين. . . وللسأس فإن كثيرا من الدول النامية لا تعتنى بتنقية مياه الشرب العناية الكافية.

ولا يقتصر دور المياه الملوثة على إتلاف أجسام الإنسان والحيوان وإصابتهم بالأمراض، بل إن المياه إذا احتوت على شوائب عالقة أو مواد كيميائية ذائبة فإن هذه المياه الملوثة تتلف ماكينات ضخ المياه والأنابيب التى تمر فيها، كما تؤدي هذه المياه إلى تآكل المنشآت الحديدية مثل القنوات والكبارى التى تمر فيها. .

ويسبب الدوى الهائل الذى ينطلق من الطائرات الأسرع من الصوت إلى وقوع ضغوط شديدة على جدران المباني والمنشآت وكل الحواجز التى تصطدم بها مما يضعفها ويؤدى إلى انهيارها

وحتى الضوضاء تؤثر على جدران المنشآت كما تؤثر فى أجسام الكائنات الحية النباتية والحيوانية تأثيرا سلبيا.

### من عجائب الملوثات

ومن الظواهر العجيبة فى تلوث البيئة هو تعاون الملوثات المختلفة فيما بينها على إحداث أكبر الأضرار بمكونات البيئة. وكأن هذه الملوثات تشد أزر بعضها البعض. ومن ذلك مثلا ما يقوم به رذاذ بعض الأملاح الذائبة مثل مركبات الحديدوز والمنجنيز والفسفاديوم، حيث يزيد هذا الرذاذ من سمية ثاني أكسيد الكبريت.

وفى أحيان أخرى يحد أحد الملوثات من فعل الملوث الآخر إذا اجتمعا سويا فى جسم الإنسان، ومثال ذلك الزرنيخ والسيلينيوم فإن أيا منهما سم زعاف فى حد ذاته، غير أنهما إذا اجتمعا سويا فى جسم كائن حى أبطل كل منهما سمية الآخر.

ومعروف أن أملاح السيانيد ذات سمية شديدة، فإذا تسربت هذه الأملاح مع مخلفات المصانع إلى مياه الأنهار والبحيرات فإنها تسمم كل الأحياء المائية، وتنتقل هذه السموم إلى جسم الإنسان إذا تغذى على أسماك هذه الأنهار.

فإذا تصادف وجود أملاح الزنك أو الكاديوم مع أملاح السيانيد فإنها تتحد سويا مكونة مركبات شديدة الخطورة على الأحياء المائية وتزيد خطورة المركبات الناتجة عن خطورة أى من مركبات السيانيد والزنك والكاديوم. وهذه هى مشكلة الملوثات المركبة التى يعانى منها نهر النيل فى مصر، والبحيرات شبه المغلقة مثل بحيرة التمساح والبحيرات المرة وبحيرة قارون والمنزلة والبرلس!

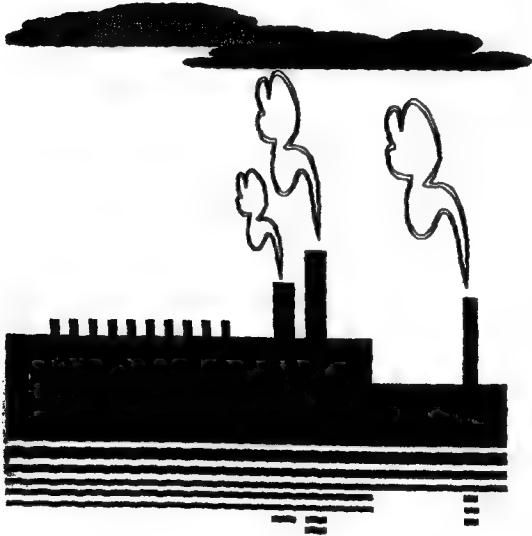
فإذا تصادف وجود النيكل مثلا فى مخلفات المصانع التى تحتوى على مركبات السيانيد، فإن النيكل والسيانيد يتحدان سويا ويكونان مركبات أقل سمية من السيانيد بمفرده.





# الفصل الثاني

## العناصر الكيميائية في الأرض وجسم الإنسان







تتكون جميع الأجسام في الكون، بما فيها الإنسان، من عدد غير كبير من المواد البسيطة هي العناصر الكيميائية

ويعرف حتى الآن ١٠٨ عنصرا كيميائيا، ويتفاوت تركيز هذه العناصر في مكونات الأرض، والكون، تفاوتا شديدا وقد عرف أبناء الحضارات المتعاقبة منذ بداية التاريخ الإنسانى على سطح الأرض وحتى عصر الحضارة الإسلامية عناصر الذهب والفضة والنحاس والقصدير والرصاص والحديد والكبريت والزنك والكربون والزرنيخ والخاصين (الزئبق) والأنتيمون والبزموت.

ولا تعتبر هذه العناصر، باستثناء الحديد والكبريت والكربون، عناصر أساسية أو شائعة في البيئة، ولكنها عناصر نادرة أو شحيحة.

### وفرة العناصر في البيئة

من حيث وفرة العناصر الكيميائية في البيئة فإن هناك ١٢ عنصرا فقط تكون نحو ٩٩ ٪ من وزن المادة في الجزء العلوى من الأرض الصلبة وحتى عمق ٣٠ كم، بالإضافة إلى مياه البحار والمحيطات (والتي تغطي حوالى ٧٠ ٪ من سطح الكرة الأرضية) والغلاف الجوى، والغلاف الحيوى (النباتات والحيوانات).

والجدول (١) والشكل (٥) يوضحان وفرة العناصر في البيئة من حولنا.



شكل (٥)

وفرة العناصر النسبية في الجزء العلوى من الكرة الأرضية حتى عمق ٣٠ كم، بالإضافة إلى الماء والهواء والأحياء

جدول (١)  
وفرة العناصر في البيئة

نسبته المئوية بالوزن في البيئة	العنصر الكيميائي
٤٩,٨	الأكسجين
٢٦,٠٠	السليكون
٧,٢	الالومنيوم
٤,١	الحديد
٣,٢	الكالسيوم
٢,٣	الصوديوم
٢,٣	البوتاسيوم
٢,١	المغنسيوم
١,٠٠	الهيدروجين
٠,٤	التيتانيوم
٠,٢	الكلور
٠,١٩	الكربون
% ٩٨,٧٩	المجموع

أما بقية العناصر الكيميائية المعروفة حتى الآن والبالغ عددها ٩٦ عنصراً فلا تكون إلا حوالي ١٪ من وزن المادة في الجزء العلوي من الكرة الأرضية والماء والهواء والأحياء (النباتات والحيوانات).

ويطلق على العناصر الاثني عشر السابقة اسم العناصر الغالبة أو الرئيسية أما بقية العناصر فتعرف باسم العناصر الشحيحة أو الضئيلة ومثال ذلك الذهب والفضة والنحاس والرصاص والزئبق والقصدير والبلاتين... إلخ. والعناصر الغالبة باستثناء الكلور هي عناصر غير سامة. والغالبية العظمى من العناصر الشحيحة عناصر سامة كالرصاص والزئبق والكاديوم والزرنيخ واليورانيوم والثوريوم... إلخ.

فإذا نظرنا إلى الأكسجين وحده فإننا نجد علاوة على أنه عنصر الحياة والمميز لها على الأرض، حيث يتنفسه الحيوان والنبات، ولا يمكن للحياة أن تستمر بدونه، فإنه يكون وحده حوالي ٩٢٪ من حجم مكونات القشرة الأرضية (الصخور والمعادن والتربة...) وحوالي ٤٧٪ من وزنها. وبالتالي يمكن تصور القشرة الأرضية بمثابة ذرات أكسجين مرتبطة ببعضها البعض بواسطة ذرات السيليكون والألمنيوم والصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم والحديد وبقيّة العناصر الغالبة أو الرئيسية.

ويعتبر الأكسجين العنصر الثالث من حيث الوفرة في الكون بعد الهيدروجين والهيليوم. وهو عنصر الحياة في الأرض وقد اكتشف في مادة سامة هي أكسيد الزئبق. أما السيليكون فهو العنصر الثاني من حيث الوفرة في الأرض، وهو يكون الرمال (الرمال هو ثاني أكسيد السيليكون في الغالب) وأغلب الصخور المكونة للجيال.

ويعتبر الألمنيوم العنصر الثالث من حيث الوفرة في الأرض، وهو مكون رئيسي لمعادن الطين المكونة للتربة الزراعية.

فإذا نظرنا إلى العناصر الغالبة والعناصر الشحيحة بمنظار جيولوجى . فإننا نجد العناصر الغالبة تكون معادن تعرف باسم المعادن المكونة للصخور (مثل الجرانيت والبازلت وحجر الجير وحجر الرمل . . )، أما العناصر الشحيحة فهي تكون معادن تسمى معادن الخامات والرواسب المعدنية . ومن ثم فإن الصخور لابد أن تكون هى الغالبة فى سطح الأرض، أما الخامات والرواسب المعدنية مثل الذهب والفضة والنحاس والقصدير . . إلخ فهي نادرة أو شحيحة .

### العناصر الشحيحة فى حياة الإنسان

توجد بعض العناصر الشحيحة فى جسم الإنسان والكائنات الحية بمقادير ضئيلة جدا، ورغم ذلك فهي أهم لصحة الإنسان من الفيتامينات، وذلك لأن الفيتامينات عبارة عن مركبات كيميائية يمكن تصنيعها وإنتاجها بوسائل صناعية، أما العناصر الكيميائية التى يحتاجها الإنسان وجميع الكائنات الحية فلا يمكن تصنيعها ولكنها توجد فقط فى البيئة الطبيعية من صخور وتربة زراعية ومياه وهواء (يمكن بواسطة التفاعلات النووية تحويل عنصر كيميائى إلى عنصر آخر والحصول على بعض العناصر الكيميائية - وتسمى العناصر الاصطناعية أو المصنعة وهى عناصر عالية الإشعاع وشديدة الخطورة على أجسام الكائنات الحية . . .).

وهناك ارتباط وثيق بين تركيب الكائنات الحية (بما فيها الإنسان) وتركيب القشرة الأرضية . وترجع الأمراض المستوطنة فى النباتات والحيوانات إلى زيادة أو نقص عنصر أو أكثر من العناصر الكيميائية فى البيئة التى تعيش فيها تلك النباتات والحيوانات .

وتتعدد البروتينات فى أداء وظائفها الإنزيمية والهرمونية على كاتيونات وأنيونات بعض العناصر الكيميائية، ويرجع الدور الأساسى لتكون الصورة الفعالة لهرمون الأنسولين مثلاً إلى أيونات الزنك، ويساهم كثير من الكاتيونات ثنائية التكافؤ للمغنيز والزنك والنيكل والكروم والحديد وغيرها فى تكوين البناء الجلزونى للأحماض الأمينية . فالعناصر الكيميائية تؤثر تأثيراً كبيراً ومباشراً فى سير العمليات الإنزيمية وفى أيض Metabolism المركبات المختلفة فى أجسام الكائنات الحية<sup>(٤)</sup> .

وتساهم كثير من الكاتيونات الثنائية التكافؤ للمغنسيوم والمنجنيز والزنك وغيرها مساهمة فعالة فى الحفز الإنزيمى وذلك عن طريق قيامها بربط المادة المتفاعلة بالإنزيم وذلك أثناء تكوين معقد الإنزيم والمادة المتفاعلة. مما يعنى أن العناصر الكيميائية تؤثر فى واقع الأمر فى جميع أوجه الأيض أو التفاعل الحيوى للمواد فى أجسام الكائنات الحية<sup>(٤)</sup>.

ويرى بعض علماء البيولوجيا أن الحياة على سطح الأرض لا يمكن أن تستمر بدون العناصر الشحيحة؛ لأن كثيرا من تلك العناصر تعتبر ضرورة أساسية من ضروريات الوظائف الحيوية الكيميائية والفسيولوجية.

وتشير التجارب المعملية على حيوانات التجارب بأن التركيزات المناسبة من كثير من المركبات الكيميائية لعدد كثير من العناصر يمكن أن تشفى من كثير من الأمراض الخطيرة وغيرها.

وتوجد محاولات جادة لدراسة دور وأهمية العديد من العناصر الكيميائية ومركباتها على صحة الإنسان والدور الحيوى لتلك العناصر ومواقعها فى الجدول الدورى للعناصر، علما بأنه يعرف منذ زمن بعيد الأثر السام لعناصر الزرنيخ والرصاص والزرنيق ومركباتها.

#### **العناصر الخفيفة فى حياة الإنسان**

تتكون الكائنات الحية المكونة للغلاف الأحيائى فى الأرض (الإنسان والحيوان والنبات) من العناصر الكيميائية الخفيفة بصفة أساسية. ويزيد فى أغلب الأحيان التأثير السام للعناصر التى توجد داخل المجموعة الفرعية الواحدة فى الجدول الدورى للعناصر كلما انتقلنا من العناصر الخفيفة إلى العناصر الثقيلة، وتقل بجانب ذلك تركيزاتها فى أجسام الكائنات الحية.

ولم يعرف بعد أهمية العناصر الكيميائية ذات العدد الذرى الأكبر من (٣٥) (وهو العدد الذرى للبروم) بالنسبة لجسم الإنسان، وذلك على الرغم من اكتشاف

ما يزيد عن ٦٠ عنصرا كيميائيا تدخل فى تركيب أجسام الكائنات الحية المكونة للغلاف الأحيائى.

ومن بين الستين عنصر هذه هناك مجموعة عناصر توجد بصفه دائمة فى تركيب أى من هذه الكائنات الحية الراقية أو البسيطة، ومثال ذلك الكربون والتروجين والهيدروجين والأكسجين والكبريت والفوسفور والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنسيوم والحارصين والحديد والمنجنيز والنحاس والكوبالت.

أما بقية العناصر التى تم اكتشافها فى الكائنات الحية فهى ليست بالضرورة أن توجد كلها مجتمعة فى نوع واحد من الكائنات الحية، بل إن وجود بعضها يكون خاصا ومميزا لبعض أصناف ورتب الكائنات الحية.

ويعتبر الموليبدنيوم والبورون والفاناديوم والصوديوم واليود والكلور أكثر تلك العناصر انتشارا فى أجسام الكائنات الحية بصفه عامة.

وقد يكون لزيادة تركيز عنصر أو عناصر كيميائية فى البيئة (الماء والهواء والتربة) آثار خطيرة على صحة النبات والحيوان، وبالتالى تؤثر هذه الزيادة فى صلاحية الغذاء ومصادر المياه فى هذه البيئة للاستهلاك الأدمى.

ويعتبر الكاديوم والرصاص والزنك والزرنيخ والسيلينيوم والموليبدنيوم وغيرها ملوثات لغذاء وشراب الإنسان والحيوان. وقد تضاف هذه العناصر الكيميائية - فى صورة مركبات كيميائية - إلى البيئة من المواد الصناعية المتداولة والمستخدمة فى أغراض متعددة مثل المبيدات الحشرية والبويات أو الأسمدة والمخصبات الزراعية عموما... إلخ. . أو قد تشتق هذه العناصر مع غيرها من الصخور خلال عمليات تجوية الصخور وتفتتها وذوبان أجزاء منها فى العمليات الجيولوجية الطبيعية التى تحدث فى كل يوم منذ ملايين السنين، ثم تتبطل نواتج التجوية إما ذائبة أو معلقة أو فى صورة غروية أو على هيئة ذرات مع التراب تذروها الرياح وتضيفها إلى التربة الزراعية أو مصادر المياه الطبيعية مثل الأنهار والبحيرات. . وفى النهاية تجد هذه العناصر الكيميائية السامة طريقها إلى جسم الإنسان.

وبالطبع فإن للإنسان دورا كبيرا فى تلوث البيئة بالعناصر الكيميائية السامة وذلك إذا لم يتبع الطرق الصحيحة فى التخلص من النفايات الصناعية أو مخلفات صهر المعادن أو حتى طرق نقل نواتج التاجم من مواقعها إلى مواقع استخدامها .

ويحتاج جسم الإنسان . وبقية الكائنات الحية إلى كميات معينة من كل عنصر من العناصر الكيميائية التى تدخل فى تركيب الجسم . ويؤدى زيادة أو نقص نسبة العنصر أو العناصر فى الجسم إلى حدوث خلل فى الجسم ووظائف أعضائه وإصابته بالأمراض . وهذا هو المعنى الحقيقى لتلوث البيئة . فيؤدى التسمم المزمن بعنصر البريليوم مثلا نتيجة زيادة تركيز هذا العنصر فى الجسم ، إلى الإصابة بمرض الساركويدوزس Sarcoidosis وهو نوع من التليف الذى ينشأ بسبب التفاف بعض خلايا الجسم مثل كرات الدم البيضاء وغيرها ، حول ذرات عنصر البريليوم الغريبة لغرض السيطرة عليها ومهاجمتها لحماية الجسم من أخطارها . وبمرور الوقت وتزايد تركيز ذرات البريليوم والتفاف خلايا جسم الإنسان حولها . . تتكون درنات أو مناطق متليفية . ويتوقف خطورة التليف هذا على موقعه فى جسم الإنسان وحجمه . . . إلخ وأكثرها خطورة ما يتكون فى الكبد والطحال والرئتين وغيرها من المناطق الحساسة فى الجسم .

ويؤدى التسمم بالرصاص إلى إصابة بعض عضلات الجسم بالشلل .

والمعروف أن الزئبق وأملاحه سموم فتاكة ، ويتحد الزئبق مع بروتين الأنسجة فى الكلية ويمنعها من أداء وظيفتها وترشيح المواد الضارة فى الدم . ويؤدى ذلك إلى التسمم .

وللكاديوم وبعض مركبات الفوسفور والسيانيد وحمض الهيدروسيانيك وغيرها آثار سامة إذا تعرض لها الإنسان .

ومعروف أن الكاديوم عنصر سام جدا ويدخل فى إنتاج سبائك مقاومة للتآكل بالكيمياء وفى طلاء الحديد والفولاذ الأخرى لحمايتها من الصدأ . وفى صناعة الصبغات المستخدمة فى المطاط الصناعى والاليف والصناعية واللدائن (البلاستيك) وفى صناعة الصواريخ النارية ، حيث إن الكاديوم يلون الذهب بلون

أزرق جميل . يستخدم الكاديوم كذلك فى مختبرات الأدلة الجنائية للكشف عن البصمات وذلك برش طبقة رقيقة من مسحوق الكاديوم على الأسطح فتظهر عليها بصمات الأصابع بوضوح تام.

وعلى الرغم من أن الكربون من العناصر الكيميائية الأساسية فى جسم الإنسان والنبات والحيوان، إلا أن بعض مركباته مثل أول أكسيد الكربون يعتبر غاز سام جدا للإنسان والحيوان. ويزيد من خطورة هذا الغاز فى أنه لا رائحة له تنذر بوجوده. وهو يتحد مع هيموجلوبين الدم مكونا كربوكسى هيموجلوبين، وهو مركب ثابت ولا يتفكك بتأثير التفاعلات الحيوية فى الجسم وتزيد ثباتية هذا المركب نحو ٢١٠ مرات عن ثباتية الأوكسى هيموجلوبين الذى يتكون بالتحاد الهيموجلوبين مع الأكسجين.

ويؤدى تكون الكربوكسى هيموجلوبين نتيجة وجود غاز أول أكسيد الكربون فى الجسم إلى حرمان الجسم من الأكسجين. ويؤدى استنشاق غاز أول أكسيد الكربون إلى الوفاة فى غضون عدد قليل من الدقائق؛ لأنه يحدث شللا فوريا فى المخ وأعضاء التنفس.

ويتكون غاز أول أكسيد الكربون من عدم احتراق الغاز الطبيعى أو الفحم أو غيرها احتراقا كاملا، أى فى وجود كمية قليلة من الأكسجين.

تقسم العناصر الكيميائية حسب مقاديرها وتركيزاتها فى أجسام الكائنات الحية إلى ثلاث مجموعات رئيسية هى:

١ - العناصر الرئيسية.

٢ - العناصر الدقيقة.

٣ - العناصر المتناهية فى الدقة.

#### ١.١ العناصر الرئيسية

وتضم مجموعة العناصر الكيميائية التى يكون العنصر الواحد فيها أكثر من ١.٠٠ ٪ من وزن الجسم، وتشمل العناصر التالية:



- الأكسجين

- الكربون

- الهيدروجين

- الكالسيوم

- البوتاسيوم

- النتروجين

- الفوسفور

- الكبريت

- المغنسيوم

- الصوديوم

- الحديد

- الكلور

## ٢.٢ العناصر الدقيقة

وهي العناصر التي يتراوح وزن العنصر الواحد منها في جسم الكائن الحي من ٠,٠٠١٪ إلى ٠,٠٠٠٠١٪ من وزن جسم الكائن الحي، وتضم العناصر التالية:

- المنجنيز

- الزنك

- النحاس

- البورون

- الموليبدنوم

- الكوبالت . . وغيرها .

### ٣. العناصر المتناهية الدقة

وهي العناصر التي توجد بكميات ضئيلة جدا في جسم الكائن الحي، وعادة لا يزيد وزن العنصر الكيميائي الواحد عن ١,٠٠٠٠٠٠٪ من وزن جسم الكائن الحي ومثال ذلك الزئبق والذهب واليورانيوم والرااديوم وغيرها. وتوجد العناصر الكيميائية الرئيسية والدقيقة التي تدخل في تركيب الجسم في صورة مركبات كيميائية متنوعة.

#### الماء في أجسام الكائنات الحية

يشكل الماء حوالي ٧٥٪ من وزن الكائنات الحية (النباتية والحيوانية) في الأرض. وتفاوت كمية ماء الجسم في الكائنات الحية تفاوتاً كبيراً، فتتراوح كمية الماء من ٤٠ - ٦٠٪ في النباتات الخشبية، وتصل إلى ٩٩٪ في قنديل البحر.

ويتكون معظم جسم الإنسان من الماء (أي من الهيدروجين والأكسجين) ويكون الماء الجزء الرئيسي من خلايا الجسم والسوائل في الجسم. وتتراوح كمية المياه في جسم الإنسان من أكثر من ٥٠٪ إلى نحو ٩٠٪ من وزن الجسم.

ويلعب الماء دوراً أساسياً في توفير الظروف المناسبة للنشاط الحيوي، حيث يوفر البيئة المناسبة لسير العمليات الحيوية والكيميائية التي تؤدي إلى التجديد المستمر للمعادن الحية في الجسم. كما يساهم الماء في تفاعلات التحليل المائي. ويعمل الماء كمذيب لكثير من الأيونات والجزيئات، وكمادة ناقلة في العمليات الكيميائية التي تحدث في الخلايا الحية، ويقوم الماء كذلك بتنظيم درجة حرارة الجسم من خلال عملية البخر من الرئتين والجلد<sup>(٤)</sup>.

ويختلف دور العناصر الكيميائية في أجسام الكائنات الحية من مادة علاجية إلى مادة سامة أو مسببة للأمراض الخطيرة أحيانا وذلك حسب تركيز تلك العناصر الكيميائية والمركبات التي تشترك فيها هذه العناصر.

وقد لاحظ بعض علماء البيئة منذ أوائل هذا القرن أن هناك علاقة وثيقة بين صحة الإنسان والعناصر الكيميائية الشائعة في البيئة أو الوسط الذي يعيش فيه

الإنسان. فالأهالي الذين يقطنون فى مناطق جغرافية فقيرة فى عنصر اليود (خاصة فى السطح العلوى للتربة الزراعية) يتشر بينهم مرض تضخم الغدة الدرقية. وعند إضافه اليود إلى طعام هؤلاء السكان (على هيئة يوديد الصوديوم - المضاف إلى ملح الطعام) انخفضت الإصابة بهذا المرض بشكل ملحوظ.

والكميات المناسبة من عنصر الفلور تقلل من الإصابة بتسوس وتآكل الأسنان، فإذا زادت كمية الفلور فى جسم الإنسان أصيب الجسم بمرض زيادة الفلور أو الفلوروزس والذي يسبب برقشة الأسنان والعظام كما هو الحال فى بعض المناطق فى جنوب الهند وجنوب أفريقيا<sup>(٥)</sup>.

والجرعات الضئيلة جدا من السليسيوم قد تؤدي إلى وقف نمو الكائن الحي وبالتالي الوفاة. كما إن التركيزات الضئيلة من الزرنيخ فى مياه الشرب مثلا تؤدي إلى التسمم بالزرنيخ. الجدير بالذكر أن التسمم بأحد العنصرين السابقين (السليسيوم والزرنيخ) يتم علاجه بالعنصر الآخر.

وفيما يلي عرض موجز لدور بعض العناصر الكيميائية فى جسم الإنسان:

#### ١. الكالسيوم

الكالسيوم هو عمدة العناصر فى جسم الإنسان. إذ يحتوى جسم الإنسان على مقدار من الكالسيوم أكبر من أى عنصر أساسى آخر. كما أن الكالسيوم عنصر ضرورى لجميع الحيوانات.

ويحتوى جسم الإنسان البالغ السليم على حوالى ١٢٠٠ جرام كالسيوم. ويوجد حوالى ٩٩٪ من هذه الكمية على هيئة فوسفات الكالسيوم فى العظام والأسنان. ويوجد الجزء الباقي من الكالسيوم (حوالى ١٪) فى السوائل الخلوية ويكون متأينا جزئيا ومرتبلا جزئيا بالبروتين فى الجسم<sup>(٦)</sup>.

ويعمل الكالسيوم على زيادة فاعلية بعض الإنزيمات فى الجسم ويقوم الزنك بدور مضاد للكالسيوم فى هذه الإنزيمات، حيث يقلل الزنك من فاعلية هذه الإنزيمات.

وتعتبر الالبان المصدر الرئيسى للكالسيوم، تليها اللحوم والأسماك والبيض؛ ونظرا لأن الكالسيوم عنصر شائع فى البيئة حيث يكون حوالى ٤٪ من وزن القشرة الأرضية فإن هذا العنصر متوافر فى عدد كبير من المصادر الغذائية. ورغم ذلك فقد يصاب البعض بمرض نقص الكالسيوم على الرغم من توافر الكالسيوم فى الغذاء. ويعزى ذلك إلى أسباب عديدة منها زيادة تركيز عنصر كيميائى سام هو الكاديوم فى جسم الإنسان، حيث يمنع الكاديوم الجهاز الهضمى من امتصاص الكالسيوم. ويزيد من إفراز الكالسيوم فى البول. وقد وجدت هذه الظاهرة فى بعض المناطق فى اليابان. وتم التعرف على مصدر الكاديوم من خلال المسح البيئى، حيث وجدت مزارع أرز ملوثة بالكاديوم بسبب ريها بمياه جوفية مشبعة بعنصر الكاديوم السام<sup>(٦)</sup>.

وقد يؤدى تغذية الحيوانات بأعلاف فقيرة فى عنصر الكالسيوم إلى زيادة امتصاص عنصر الفلور فى الجهاز الهضمى لتلك الحيوانات، ومن ثم تصاب تلك الحيوانات بأمراض زيادة الفلور وأهمها بركشة العظام والاسنان.

وتتشابه التفاعلات الحيوية لعنصرى الكالسيوم والسترنشيوم فى جسم الإنسان والحيوان. وهناك نظير للاسترنشيوم يعرف باسم الاسترنشيوم (٩٠) وهو نظير شديد الإشعاع. ويتولد الاسترنشيوم (٩٠) فى التفاعلات النووية ويوجد بوفرة فى بيثتنا فى الوقت الحاضر. ويدخل الاسترنشيوم (٩٠) فى سلسلة الغذاء عن طريق النباتات والأسماك وغيرها من المواد الملوثة إشعاعيا.

ويتناسب امتصاص الاسترنشيوم بما فيه النظير المشع، فى جسم الإنسان، تناسباً عكسياً مع تركيز عنصر الكالسيوم فى الجسم، بمعنى أنه إذا انخفض تركيز الكالسيوم فى الجسم زاد امتصاص الاسترنشيوم. ولذا يجب العناية والاهتمام بغذاء الأطفال خصوصاً فى مراحل نموهم السريع وتكون العظام من حيث توافر تركيزات عالية نسبياً من الكالسيوم فى غذاء الأطفال حتى لا يتسرب الاسترنشيوم فى عظامهم وما يتبع ذلك من إصابتهم بالأمراض الخطيرة.

## ٢. الكلور

الكلور غاز حارق ومهيج للأنسجة، ويؤدى التعرض واستنشاق الكلور إلى متاعب صحية قد تسبب الموت.

ويحتوى جسم الإنسان البالغ الذى يزن حوالى ٧٠ كجم على حوالى ٨٢ جرام من الكلور. وللكلور دور هام فى العمليات الحيوية بالجسم وذلك بالتعاون مع عدد من العناصر الأخرى. ويعتبر ملح الطعام (كلوريد الصوديوم - وأسماء العرب قديما بالملح الحلو - أما السكر فكان يسمى الملح الهندى) المصدر الرئيسى للكلور فى جسم الإنسان.

## ٣. المغنسيوم

المغنسيوم عنصر شائع فى البيئة، حيث يكون حوالى ١,٩ ٪ من وزن القشرة الأرضية.

وتحتوى مياه البحار والمحيطات على كميات هائلة من المغنسيوم، حيث يحتوى المتر المكعب من ماء البحر على حوالى أربعة كيلو جرامات من المغنسيوم. ويعتبر المغنسيوم عنصرا ضروريا لكل الكائنات الحية النباتية والحيوانية. وهو مكون رئيسى فى صبغة الكلوروفيل الخضراء فى النبات. كما إن له دور فعال فى نشاط الإنزيمات فى أجسام الحيوانات والإنسان.

ويحتوى جسم الإنسان البالغ السليم على حوالى ٢٤ جرام مغنسيوم تتركز أساسا فى العظام والسوائل الخلوية فى الجسم. وتعتبر الأغذية البحرية والجور والبنقد والخضروات والبقول المصدر الرئيسى للمغنسيوم فى غذاء الإنسان.

ويؤدى نقص المغنسيوم فى جسم الإنسان إلى احتمال إصابته ببعض امراض القلب والأوعية الدموية مثل عدم انتظام دقات القلب.

أما زيادة المغنسيوم فى جسم الإنسان قد يساعد مع عوامل أخرى على تكون حصوات الكلى.

ويستخدم المغنسيوم كثيرا فى الطب وصناعة الدواء مثل المواد الملمية (مثل الملح الإنجليزي وهو كبريتات المغنسيوم). ويستعمل أكسيد المغنسيوم النقى فى معالجة حموضة المعدة وفى العلاج من حالات التسمم بالاحماض.

وتقل أمراض الأوعية الدموية بصفة عامة عند سكان المناطق الدافئة بالمقارنة مع سكان المناطق الباردة وذلك بسبب زيادة نسبة المغنسيوم فى كثير من المواد الغذائية ومياه الشرب فى المناطق الدافئة. ومعروف أن حقن محاليل بعض أملاح المغنسيوم فى الوريد أو العضل يزيل التشنج والتقلص<sup>(٢)</sup>.

والاشخاص العصبيون أكثر عرضا للإصابة بأمراض العضلة القلبية من الاشخاص ذوى الطبع الهادى ويعود السبب فى ذلك إلى أن المغنسيوم الموجود فى الجسم يحترق بمعدل أكبر أثناء التهيج والتفرقة.

ويعتقد بعض الأطباء أن المغنسيوم سوف يساعد فى التغلب على أحد أكبر امراض العصر وهو التعب والإرهاق الناتج عن الضغوط النفسية والعصبية الشائعة فى هذا العصر ويعد مظهرا من مظاهر الحضارة الراهنة<sup>(٢)</sup>.  
وتجدر الإشارة إلى أن قوة تحمل ومثانة قشرة البيض تزداد بزيادة نسبة المغنسيوم فيها.

#### ٤. الفوسفور

يلعب الفوسفور دورا هاما فى بناء وعمليات الخلايا الحية. ويحتوى جسم الإنسان البالغ على حوالى ٦٥٠ جرام فوسفور يوجد أغلبها متحلدا مع الكالسيوم فى العظام.

ويوجد الفوسفور فى كثير من الأغذية مثل الحبوب واللحوم والبيض وغيرهما. ويوجد الفوسفور فى هذه الاغذية فى صورة عضوية له خاصية منع جسم الإنسان من امتصاص بعض العناصر الكيميائية الأخرى مثل الزنك والكالسيوم والحديد، حيث يكون الفوسفور مع هذه المواد مركبات كيميائية ترسب فى المعدة والأمعاء وتخرج مع الفضلات. ولكى يقوم الجسم بامتصاص الفوسفور

لابد أن تتحول مركبات الفوسفور العضوية إلى مركبات غير عضوية، ويتم ذلك من خلال عمليات كيميائية حيوية فى داخل الجسم، ويؤدى ذلك إلى حفظ توازن وتركيز الفوسفور فى جسم الإنسان بحيث إذا انخفض تركيز الفوسفور فى الجسم نشطت عملية تحويل الفوسفور من الصورة العضوية إلى الصورة غير العضوية. فإذا زاد تركيز الفوسفور فى الجسم هدأت وبطأت عملية تحويل مركبات الفوسفور العضوية إلى الصورة غير العضوية للفوسفور.

وتحتوى المشروبات المرطبة غير الكحولية على نسبة عالية من الفوسفور. ويؤدى الإفراط فى تناول الأغذية الغنية بالفوسفور إلى زيادة تركيز الفوسفور مما يعرض الجسم للإصابة ببعض الأمراض الناتجة عن النشاط الزائد للغدة الدرقية.

وللفوسفور دور هام فى ترسيب الرصاص فى العظام حتى لا يظل الرصاص فى الحالة الذائبة فى الجسم ويؤدى إلى التسمم بالرصاص.

وتتكون معظم حصوات الكلى من أملاح الكالسيوم أو أملاح الكالسيوم المخلوطة بفوسفات الكالسيوم

وهناك علاقة قوية بين سرعة تكون حصوات الكلى ونسبة الكالسيوم إلى الفوسفور فى جسم الإنسان، بحيث يزيد معدل تكون حصوات الكلى بانخفاض نسبة الكالسيوم على الفوسفور (كا/فو) (Ca/P) كما فى بعض مناطق جنوب شرق الولايات المتحدة الأمريكية، حيث يتشرب فى هذه المناطق المياه الفائقة العذوبة والذى ينخفض فيها تركيز الكالسيوم والمغنسيوم عن المعدل العادى للماء العذب<sup>(١)</sup>.

ويعتبر التسمم بالفوسفور نادرا إلا فى حالات مرض الفشل الكلوى الحاد الذى يعطل إفراز التركيزات الزائدة من الفوسفور.

ويتطايير الفوسفور حتى فى درجات الحرارة العادية ويخاره عديم اللون وسام. وعادة يصاب العاملون فى صناعة الفوسفور بتسوس الأسنان وأمراض المفاصل.

## ٥. البوتاسيوم

يحتوى جسم الإنسان البالغ على نحو ١٤٥ جرام بوتاسيوم وتوجد أغلب هذه الكمية فى السوائل بين الخلوية والعضلات.

وللبوتاسيوم دور فعال فى وقاية الجسم من أمراض زيادة عنصر الصوديوم. فزيادته عنصر الصوديوم يصاحبه شعور بالإجهاد والإعياء لأقل مجهود يبذل ويعرف ذلك باسم الإجهاد الناتج عن زيادة الصوديوم. ويحتاج الجسم فى هذه الحالة إلى جرعات أكبر من البوتاسيوم.

وقد يحدث تسمم بالبوتاسيوم والذي يعرف باسم الهيركالييميا Hyperkalemia للمصابين بالفشل الكلوى حيث لا تتمكن الكلية المصابة بإفراز البوتاسيوم الزائد ويؤدى ذلك إلى الإصابة ببعض أمراض القلب<sup>(٦)</sup>.

## ٦. الجيوفاجيا Geophagia:

يعزى بعض العلماء عادة أكل الطين والذى تعرف فى المراجع الأجنبية باسم جيوفاجيا، والذى يمارسها بعض القرويين وغيرهم فى كل أنحاء العالم إلى نقص الحديد فى البوتاسيوم فى أجسام هؤلاء المصابين بهذه العادة، وهناك من يرجع هذه العادة إلى نقص الحديد والزنك، أو الزنك بمفرده فى أجسام هؤلاء المرضى. وتشير بعض التقارير الطبية إلى أن العلاج بمركبات الحديد يوقف عادة أكل الطين.

الجدير بالذكر أن الطين المتبلع بواسطة المصابين بعادة أكل الطين يعطل ويمنع الجسم من امتصاص الحديد فى المعدة والأمعاء مما يسبب زيادة أخرى فى نقص الحديد فى أجسام المرضى. ويؤدى نقص الحديد فى الجسم إلى إصابة الجسم بالضعف مما يهيئ للإصابة بالعديد من الأمراض المختلفة، هذا بالإضافة إلى أن الطين المتبلع قد يكون محتويا على بويضات العديد من الديدان... إلخ

## ٧. الصوديوم

الصوديوم هو أحد العناصر الكيميائية الرئيسية فى السوائل الخلوية فى جسم الإنسان والحيوان. وله دور هام فى ضبط وتنظيم الضغط الأسموزى لسوائل الجسم



وبالتالى حماية الجسم من فقدان كميات كبيرة من تلك السوائل وإصابته ببعض الأمراض المصاحبة لتلك الظاهرة.

ويحتوى جسم الإنسان البالغ على حوالى ٨٣ جرام صوديوم يتركز حوالى ٢٤ ٪ منها فى العظام، وحوالى ٦٥ ٪ من هذه الكمية توجد فى سوائل الجسم. وتقوم الكليتان بتنظيم تركيز الصوديوم فى جسم الإنسان والحيوان.

ويؤدى زيادة تركيز الصوديوم فى الجسم إلى زيادة ضغط الدم وما يصاحبها من الشعور بالإجهاد الزائد، وبالتالي فإن خفض تركيز الصوديوم، أو زياده تركيز البوتاسيوم يقلل بشكل ملحوظ من ارتفاع ضغط الدم والشعور بالتعب والإجهاد الزائد.

والمعروف أن ضغط الدم المرتفع له آثار سيئة على القلب والكلى وغيرهما.

#### ٨. الكبريت

يحتوى جسم الإنسان البالغ على حوالى ١٧٥ جرام كبريت توجد فى صوره أحماض أمينية كبريتية وغيرها من مركبات الكبريت العضوية فى الخلايا الحية. ويؤدى نقص الكبريت فى الجسم إلى الإصابة ببعض الأمراض العصبية

Neurologic disease

#### ٩. الكوبالت

يحتوى جسم الإنسان على كمية ضئيلة جدا من الكوبالت، لا تزيد عن مليجرام واحد (المليجرام = جزء من ألف من الجرام). والكوبالت هو أحد المكونات الرئيسية لفيتامين ب ١٢ والمعروف باسم الكوبالامين. ويؤدى نقص هذا الفيتامين فى جسم الإنسان إلى إصابته بالهزال والضعف العام (الأنيميا).

ويؤدى زيادة تركيز الكوبالت فى الجسم، بسبب تناول أغذية غنية بهذا العنصر - بسبب زيادة تركيز هذا العنصر فى التربة الزراعية أو المياه - إلى حدوث العديد من المتاعب الصحية مثل تضخم الغدة الدرقية.

## ١٠. الكروم

يحتوى جسم الإنسان البالغ على ستة مليجرامات كروم، ويدخل الكروم فى تركيب بعض الإنزيمات ذات الدور الفعال فى العمليات الحيوية فى الجسم، وخاصة التمثيل الغذائى (الأيضى Meta bolism) للجلوكوز والبروتين والدهون وخاصة الكوليسترول. كما يوجد الكروم فى بعض الأحماض النووية (نسبة إلى نواة الخلية).

ويؤدى زيادة الكروم إلى إصابة الجسم بالتسمم ويتوقف التسمم بالكروم على الصورة الكيميائية التى توجد عليها الكروم فى الجسم وكذلك على طريقة التعرض للكروم ومركباته. والكروم ثلاثى التكافؤ أقل سمية من الصورة سداسية التكافؤ. ويؤدى استنشاق تراب الكروم أو رذاذ حمض الكروميك المتطاير فى أثناء طلاء المعادن بالكهرباء، أو ثالث أكسيد الكروم الموجود فى دخان المصانع أو غيرها إلى إصابته الإنسان بالأمراض الخطيرة خاصة فى الجلد والرئتين - وقد ينتهى ذلك إلى الإصابة بسرطان الرئة<sup>(٦)</sup>.

## ١١. الفلور

الفلور غاز حارق أكال يتلف ويلى كل شيء يلامسه وهو غاز سام جدا وقد أخذ اسمه من كلمة فتورس الإغريقية ومعناها المتلف.

وتحتوى المياه السطحية فى كثير من بقاع الأرض على كمية ضئيلة من الفلور تتراوح من ١ ، ٠ إلى ١ جزء فى المليون (الجزء فى المليون = جرام / طن) وللفلور دور فعال فى منع تسوس الأسنان وتساقطها. أما إذا زادت نسبة الفلور فى مياه الشرب عن قدر معين أصبحت تلك المياه خطرا على الإنسان، حيث تسبب ممرض زيادة الفلور (الفلوروزس Fluorosis) ولهذا السبب فإن كثيرا من المجتمعات ما زالت ترفض فكرة فلورة مياه الشرب، أى ترفض تطهير المياه بإضافة الفلور إليها.

الجلدير بالذكر أن فلورة مياه الشرب فى بعض المجتمعات التى تقل فى مياهها الطبيعية نسبة الفلور عن ٠,١ جرام فى الطن (جزء/ مليون) قد أدى إلى تقليل الإصابة بتسوس وتساقط الأسنان.

وتحتوى المياه الجوفية فى بعض الدول على تركيزات عالية من الفلور تتراوح من ٤ إلى ٨ أجزاء فى المليون كما هو الحال فى جنوب الهند. وقد تصل إلى ٤٠ جزءا فى المليون فى بعض المواقع فى جنوب أفريقيا. وتوجد هذه المياه فى صخور غنية بالفلور. ويتشتر بين سكان تلك المناطق العديد من أمراض زيادة الفلور والتى قد تؤدى إلى العجز والتشوه فى العظام كما فى جنوب الهند.

وتعتبر الأسماك والشاي والأملاح المستخرجة من ماء البحر بمثابة المصادر الرئيسية للفلور، بالإضافة إلى ماء الشرب. وتتراوح نسبة الفلور فى ملح الطعام المستخرج من ماء البحر ما بين ٥ إلى ١٠ أجزاء فى المليون كما فى الهند، وذلك بالمقارنة مع معظم الأغذية والتى لا يزيد فيها الفلور عن نصف جزء فى المليون (نصف جرام فى الطن).

ويحتوى مسحوق الأسماك (الذى يدخل فى صناعة أعلاف الدواجن والحيوانات) على تركيزات عالية من الفلور قد تصل إلى ٧٦٠ جرام فى الطن، وهى نسبة عالية وقد تصيب الحيوانات والدواجن بالتسمم.

وتتوقف شدة الإصابة بالفلور وأمراضه على عدد من العوامل أهمها الصحة العامة والعمر ومدة التعرض للفلور وتركيز الفلور فى الماء أو الغذاء، بالإضافة إلى تركيز بعض العناصر الأخرى فى الماء والغذاء وأهمها الكالسيوم والموليبدينوم وغيرها<sup>(٦)</sup>. وللكالسيوم والفوسفور والمغنسيوم دور مهبط أو معطل لامتصاص الفلور فى أجسام الإنسان والحيوانات ولهدروكسيد الألومنيوم، الذى يستخدم كمزيل لحموضة المعدة، دور فعال فى تقليل امتصاص الفلور فى المعدة.

#### ١٢. اليود:

اليود مادة صلبة رمادية - سوداء اللون ذات مظهر فلزى وتحول من الحالة الصلبة إلى الحالة الغازية مباشرة دون المرور بالحالة السائلة (تسامى). ويحتوى

جسم الإنسان البالغ على حوالى ١٥ إلى ٢٠ مليجرام يود (المليجرام= جزء من الألف من الجرام) يتركز ٧٠ - ٨٠٪ من هذه الكمية فى الغدة الدرقية (توجد هذه الغدة فى مقدمة العنق وتزن حوالى ٠,٣ ٪ من وزن الجسم كله) وتحتوى أنسجة الجسم والنسيج المخاطى للمعدة وبعض أجزاء العين على مقادير ضئيلة من اليود.

يدخل اليود فى بناء عدد كبير من الهرمونات فى جسم الإنسان خاصة هرمونات الغدة الدرقية. وتلعب الغدة الدرقية دورا فعالا فى حفظ توازن ومستوى تركيز اليود فى جسم الإنسان.

واستخدم قدماء المصريين والصينيين والرومان وقبائل الانكاس فى أمريكا الجنوبية قبل عصر كولبس (قبل سنة ١٤٩٢م) بعض الأعشاب البحرية مثل حامل البحر والإسفنج فى علاج تضخم الغدة الدرقية وذلك على الرغم من عدم معرفتهم باليود، حيث اكتشف اليود فى سنة ١٨١١م. وتحتوى الأعشاب البحرية هذه على تركيزات عالية نسبيا من اليود.

وهناك علاقة واضحة بين تركيز اليود فى البيئة وبين العديد من الأمراض التى تصيب الإنسان، ويعتبر تضخم الغدة الدرقية مرضا متوطنا فى عدد من المناطق الجغرافية التى يقل فيها تركيز اليود فى البيئة (التربة والماء والنباتات) فى تلك المناطق والتى تضم مصر والهند وإندونيسيا ومنطقة البحيرات العظمى بالولايات المتحدة الأمريكية وحوض نهر الكونغو، وجبال الإنديز فى أمريكا الجنوبية وسويسرا وبعض المناطق فى إنجلترا.

ويمكن تلافى وعلاج مرض تضخم الغدة الدرقية بإضافه اليود إلى ملح الطعام، وباستخدام أسمدة غنية باليود مثل نترات شيلي فى تسميد التربة الزراعية. وبالتالي تزيد نسبة اليود فى المنتجات الزراعية التى يتغذى عليها الإنسان<sup>(٦)</sup>.

يجب ألا يزيد تركيز اليود فى جسم الإنسان عن حد معين، حيث إن زيادة اليود فى الجسم تؤدي إلى توقف الغدة الدرقية عن إنتاج إفرازاتها (الثيروكسين).

وتضخم الغدة الدرقية يؤدي إلى انتفاخ الرقبة، وكان ذلك يعد سمة من سمات الجمال فى النساء فى العصور الوسطى.

### ١٣. النحاس؛

يحتوى جسم الإنسان البالغ العادى على حوالى ١٠٠ - ١٥٠ مليجرام نحاس. وتتركز معظم هذه الكمية فى الكبد والكلى والقلب والمخ. ويؤدى زيادة تركيز النحاس فى جسم الإنسان إلى حدوث خلل عام فى الجسم، وخاصة فى الكبد الذى يتركز فيه النحاس بمرور الوقت، ويؤدى إلى إتلاف بعض خلايا الكبد ثم الوفاة<sup>(٦)</sup>.

ويدخل النحاس مع غيره من العناصر الكيميائية الأخرى فى بناء عدد كبير من الإنزيمات والتي يطلق عليها اسم الإنزيمات الفلزية ذات الدور الرئيسى فى العمليات الكيميائية الحيوية فى جسم الإنسان والحيوان.

ويوجد النحاس فى عدد من الأغذية أهمها اللبن والخضروات والفاكهة.

وقد يحدث التسمم بالنحاس نتيجة رش العنب بمبيد حشرى يحتوى على كبريتات النحاس والذي يعرف باسم Bordeaux Mixture وقد يصاب العاملون فى مزارع الكروم (العنب) بأمراض التليف الخطيرة فى الرقة نتيجة استنشاق رذاذ النحاس. وعلى النقيض من ذلك لا تظهر آثار سامة على عمال مناجم النحاس إثر تعرضهم لخمات النحاس لفترات طويلة.

وقد يصاب الإنسان بتسمم النحاس إذا تناول كمية كبيرة من أملاح النحاس مثل كبريتات النحاس وغيرها، والتي تؤدى إلى وقوع أضرار بالغة فى الجهاز الهضمى وإصابه الإنسان بالهزال أو الأنيميا.

وتؤدى زيادة النحاس فى مياه الشرب إلى التسمم بالنحاس.

### ١٤. الحديد؛

الحديد عنصر شائع فى البيئة، ويكون حوالى ٤,١٪ من وزن المادة فى الأرض الصلبة وحتى عمق نحو ٣٠ كم ولا يحتوى جسم الإنسان البالغ فى

المتوسط إلا على نحو أربعة إلى خمسة جرامات حديد. ويوجد ٦٠ - ٧٠ ٪ من هذه الكمية فى أحد البروتينات الهامة فى الجسم وهو الهيموجلوبين. والهيموجلوبين هو الناقل الرئيسى للأكسجين من الهواء (الذى يتنفسه الإنسان) إلى الجسم. ويوجد الباقي فى العضلات وفى بروتين الخلايا والإنزيمات وغيرها.

وتحتاج جميع الأحياء إلى الحديد باستثناء بعض البكتريا. ويوجد الحديد مثله مثل كثير من العناصر الكيميائية (مثل الكروم والكوبالت والمنجنيز... إلخ) فى أكثر من صورة تكافؤية فى أجسام الكائنات الحية.

ورغم وفرة الحديد فى العديد من المواد الغذائية التى يتناولها الإنسان إلا أن الحديد قليل الامتصاص فى الجهاز الهضمى ويؤدى ذلك إلى نقص الحديد فى بعض الأجسام البشرية. ويتوقف امتصاص الحديد فى الجسم ليس فقط على تركيز الحديد فى المعدة والأمعاء، ولكن على الصورة الكيميائية التى يوجد عليها وفيها الحديد فى الغذاء. وكذلك على نوع الغذاء وتركيبه الكيميائى بصفه عامة.

وقد يؤدى وجود الكوبالت والنحاس والزنك والمنجنيز إلى تقليل امتصاص الحديد فى المعدة.

ويؤدى نقص الحديد فى الجسم إلى الإصابة بالأنيميا والتى تهىء الجسم للإصابة بالأمراض المختلفة. كما أن زياده تركيز الحديد فى الجسم عن حد معين يؤدى إلى الإصابة بأمراض متعددة بعضها خطير.

#### ١٥. المنجنيز:

للمنجنيز دور هام فى بناء وعمل بعض الإنزيمات فى الجسم، كما أنه قد يحل محل عناصر كيميائية أخرى فى تلك الإنزيمات التى تعرف بالإنزيمات الفلزية المركبة.

ويحتوى جسم الإنسان البالغ العادى على حوالى ١٢ - ٢٠ مليجرام منجنيز تتركز بصفة خاصة فى العظام والكبد والكلى.

والمنجنيز مثله مثل الحديد قليل الامتصاص فى الجهاز الهضمى، ورغم ذلك فلا يعرف نقص المنجنيز فى جسم الإنسان بصفه خاصة.

ويوجد المنجنيز بكثرة فى البندق والجوز والحبوب والشاى واللحوم ومنتجات الألبان.

والمنجنيز أقل سمية بالمقارنة مع عدد كبير من العناصر الكيميائية، غير أنه قد يصاب الإنسان بالتسمم بالمنجنيز إذا تعرض لبخار المنجنيز أو التراب المحمل بذرات المنجنيز المتصاعد من المناجم والمصانع، حيث إن استنشاق بخار المنجنيز يعد خطرا على الإنسان والحيوان ويسبب تواب المنجنيز التهابا رئويا حادا يؤدى إلى الموت<sup>(٦)</sup>.

وحيث إن للمنجنيز استخدامات واسعة فى الصناعة، حيث يضاف إلى زيت الوقود والجازولين والصلب والبطاريات وغيرها، فإن احتمال تلوث البيئة بالمنجنيز واستنشاق الإنسان والحيوان لمركبات المنجنيز من الهواء الجوى الملوث بعادم السيارات ودخان المصانع. وكذلك الدخان الناتج من احتراق الفحم (يحتوى الفحم على مركبات المنجنيز). . نقول احتمال تلوث البيئة بمركبات المنجنيز السامة قائم فى المدن الصناعية التى لا تراعى نظم الأمان الصحى وحماية البيئة من التلوث.

#### ١٦. الموليبدنيوم:

يحتوى جسم الإنسان على كمية ضئيلة من الموليبدنيوم تقترب من كمية المنجنيز. ويتوقف تركيز الموليبدنيوم فى جسم الإنسان على نوع الغذاء. ويدخل الموليبدنيوم فى بناء وعمل بعض الإنزيمات الفلزية فى الجسم.

وللموليبدنيوم دور كبيرا فى التمثيل الغذائى للنحاس فى جسم الإنسان والحيوان، حيث يساعد الموليبدنيوم فى إسالة النحاس وذوبانيته ومن ثم امتصاصه فى الجهاز الهضمى.

ويلعب الموليبدنيوم دورا هاما فى حماية الأسنان من التسوس والتلف، حيث يقل تسوس وفساد الأسنان فى المناطق التى يوجد فيها هذا العنصر بتركيزات عالية نسبيا خاصة فى الخضروات وعادة يتوقف تركيز الموليبدنيوم فى الخضروات على تركيز هذا العنصر فى التربة الزراعية التى تنمو فيها تلك الخضروات.

## ١٧. السيلينيوم؛

السيلينيوم عنصر سام جدا للإنسان والحيوان ويسبب أمراضا خطيرة، غير أنه يستخدم فى الوقت الحاضر فى علاج بعض أنواع السرطان. ويستخدم فى علاج بعض الأمراض الخطيرة فى حيوانات التجارب مثل النكروز أو تمفن ونخر الكبد فى الفئران.

ومعروف أن حيوانات التجارب تستخدم فى تجربة الأدوية عليها قبل استخدام تلك الأدوية فى علاج الإنسان.

لا يزيد تركيز السيلينيوم فى جسم الإنسان عن بضع مليجرامات تأتى أساسا من الغذاء. وقد يزيد أو يقل تركيز السيلينيوم فى جسم الإنسان حسب تركيز هذا العنصر فى الغذاء النباتى والحيوانى والذى يتوقف بدوره على تركيز السيلينيوم فى البيئة (التربة الزراعية بصفة رئيسية).

ويدخل السيلينيوم فى تركيب أحد الإنزيمات المضادة للأكسدة فى السوائل بين الخلية فى جسم الإنسان، وهو يشبه فى ذلك الدور الذى يقوم به فيتامين (E).

ولا تعتبر مياه الشرب مصدرا للسيلينيوم فى البيئة إلا إذا كانت ملوثة بهذا العنصر السام وقد تلوث المياه الجوفية بالسيلينيوم فى المناطق الجبلية الغنية بهذا العنصر، وحيثذ تصبح خطرا يهدد الإنسان والبيئة بالتلوث.

ويصاب الإنسان بمرض وتسمم السيلينيوم إذا تغذى على نباتات وأغذية حيوانية أو نباتية ملوثة بالسيلينيوم. ويؤدى التسمم بالسيلينيوم إلى إصابة الإنسان بالسرطان فى أحيان كثيرة.

ومن حكمه الله تعالى فى هذا الكون أنه يمكن علاج التسمم بالسيلينيوم بمادة سامة أخرى هى الزرنيخ. والعكس صحيح أى يمكن علاج التسمم بالزرنيخ بأملاح السيلينيوم السامة<sup>(١)</sup>.



ولا يعنى وجود السيلينيوم فى جسم الإنسان أنه خطر على صحته، بل العكس تماماً، حيث وجد أن نقص تركيز السيلينيوم فى الجسم قد يؤدى إلى إصابة الجسم بالاورام وتكون الخراجات والبثور. معنى ذلك أن خطر السيلينيوم يكمن فى زيادة تركيزه أو نقصه عن حد معين. ويتوقف ذلك على عدد من العوامل البيولوجية والكيميائية ومنها نقص أو زيادة تركيز العناصر الكيميائية الأخرى فى الجسم.

#### ١٨. الزنك:

يحتوى جسم الإنسان البالغ العادى على حوالى ١,٥ - ٣ مليجرامات زنك، تتركز أساساً فى العظام والكبد ويعتبر الزنك من العناصر الكيميائية الضرورية فى العمليات الكيميائية الحيوية للإنسان والحيوان. ويدخل الزنك فى بناء عدد من الإنزيمات الفلزية.

ويؤدى نقص الزنك وبعض العناصر الكيميائية الأخرى فى الجسم إلى تأخر النمو والنضوج الجنسى وقصر القامة أو التقزم ويمكن علاج هذه الأعراض بمركبات الزنك.

#### ١٩. النيكل:

يوجد النيكل فى أنسجة الجسم الإنسانى بكميات ضئيلة جداً (بضع مليجرامات) بينما تحتوى أنسجة النباتات على كميات أكبر من النيكل بالمقارنة مع الأنسجة الحيوانية.

قد يضاف النيكل إلى المأخوذ اليومى من طعام الإنسان عن طريق المواعين وأدوات المطبخ المنزلية، خاصة أدوات الطهى المصنوعة من النحاس والالومنيوم والحديد وغيرهما، حيث تحتوى هذه المواعين على نسبة ضئيلة من النيكل. وعلى هذا الأساس فلا يوجد نقص فى النيكل فى أجسام البشر عموماً، بل يوجد غالباً زيادة النيكل عند عدد كبير من الناس.

وبينت الدراسات العملية على حيوانات التجارب أن نقص النيكل فى الكتاكيت يؤدى إلى ضمور وتغير لون الأرجل. وأدى نقص النيكل فى حيوانات

التجارب إلى خفض نسبة كوليسترول البلازما وزيادة نسبة كوليسترول الكبد، بالإضافة إلى تغير في صفات الخلايا في هذه الحيوانات وتقص شعرها وخشونة وتأخر نموها.

ويؤدي زيادة النيكل إلى إصابة الإنسان والحيوان بعدد كبير من الأمراض الخبيثة.

## ٢٠. القصدير:

يحتوي جسم الإنسان على قدر ضئيل جدا من القصدير لا يتعدى بضع أجزاء في المليون (الجزء في المليون = جرام في الطن)

ويختلف تركيز القصدير في جسم الإنسان من موقع جغرافي لآخر عما يعنى ارتباط تركيز القصدير في أجسام البشر بتركيز هذا العنصر في البيئة، ويزيد تركيز القصدير في جسم الإنسان كلما أكثر من استخدام الأغذية المحفوظة (المعلبات) في غذائه أو مأخوذه اليومي من المعلبات المحفوظة في العلب المقصورة.

ويؤدي نقص القصدير في أجسام حيوانات التجارب إلى سقوط الشعر وإصابة تلك الحيوانات بالضعف العام.

## ٢١. السيليكون:

السيليكون عنصر كيميائي هام وضروري للإنسان والحيوان وذلك على الرغم من احتواء جسم الإنسان على قدر ضئيل من السيليكون لا يتعدى بضع أجزاء في المليون.

يؤدي زيادة السيليكون إلى إصابة الإنسان بأمراض عديدة، خاصة إذا استنشقه الإنسان على هيئة غبار من المناجم والمحاجر والمناطق التي تكثر فيها الأتربة المحملة بالسيليكون، خاصة تراب الأسبستوس في محاجر وصناعات الأسبستوس وصناعة الأسمنت والمواد العازلة والواقية وغيرها.

الجديد بالذكر أنه يزداد احتمال إصابة الإنسان بأمراض الأسبستوس مثل التحجر الرئوي إذا كان مدخنا بالمقارنة مع الإنسان غير المدخن.

وأعراض التحجر الرئوى الناشئة عن استنشاق تراب الأسبستوس وغيره من الأمراض الشائعة بين عمال المناجم والمهاجر، خاصة تلك التى لا تراعى الاشتراطات البيئية والصحية الواجبة وتحدث هذه الأمراض نتيجة استنشاق السيليكا.

ويجب أن يحتوى المأخوذ اليومى لعمال المناجم والمهاجر وعمال الطرق ومختلف الصناعات التى يتصاعد منها الغبار والتراب المحمل بالسيليكا مثل صناعة الأسمنت، على كميات مناسبة من اللبن الطازج حيث يساعد على الوقاية من أمراض التحجر الرئوى.

#### ٢٢. الفاناديوم:

الفاناديوم عنصر سام. ويحتوى جسم الإنسان على قدر ضئيل من الفاناديوم لا تتعدى بضع أجزاء فى المليون. وهو عنصر ضرورى لبعض الحيوانات مثل الدواجن والقران، حيث يؤدى نقص الفاناديوم عن حد معين فى أجسامها إلى إضعاف نموها وتكاثرها، بل وإصابتها بالأمراض المختلفة.

ويؤدى استنشاق غازات المصانع وعوادم السيارات والتى تحتوى عادة على بعض مركبات الفاناديوم إلى أضرار صحية والتسمم بالفاناديوم.

#### ٢٣. الألومنيوم:

رغم أن الألومنيوم عنصر أساسى فى البيئة، خاصة فى التربة الزراعية، إلا إنه عنصر غير أساسى فى جسم الإنسان والحيوان من الناحية البيولوجية. ويؤدى زيادة الألومنيوم فى جسم الإنسان إلى إصابته بالعديد من الأمراض.

تجدر الإشارة إلى أن بعض مركبات الألومنيوم (هيدروكسيد الألومنيوم) التى تدخل فى تركيب مضادات الحموضة التى تؤخذ عن طريق الفم، والتى تؤدى إلى زيادة تركيز الألومنيوم فى الجهاز الهضمى. فإن الألومنيوم فى هذه الحالة يقلل من امتصاص مركبات الفوسفور والفلور فى الجهاز الهضمى، وبالتالي قد يؤدى ذلك إلى حدوث نقص الفوسفور والفلور فى الجسم. وفى ذلك تأكيد لما قاله الطبيب

العربى المشهور الحارث بن كلدة الثقفى الذى نشأ فى الطائف وكان أشهر أطباء العرب فى الجاهلية حيث يروى عنه قوله: «إن الدواء لا يصلح شيئا إلا أفسد مثله» (٧).

#### ٢٤. الزرنيخ:

عرف عن الزرنيخ أنه عنصر سام للإنسان والحيوان منذ فترة بعيدة جدا فى تاريخ البشرية. واستخدم الزرنيخ فى صناعة الأدوية والعقاقير السامة منذ عصر أبقراط (٤٦٠ - ٣٧٥ قبل الميلاد) ويؤدى التعرض وابتلاع الزرنيخ ومركباته إلى إصابة الإنسان بالسرطان والموت.

والسيلينيوم وهو عنصر سام مقاوم للتسمم بالزرنيخ وهذا يعنى أنه قد لا يظهر الأثر السام للزرنيخ إذا احتوى جسم الإنسان على قدر من السيلينيوم، والعكس صحيح. وتجدر الإشارة أن الزرنيخ والسيلينيوم يوجدان معا فى البيئة الطبيعية وخاصة ضمن معادن الكبريتيدات.

#### ٢٥. الكاديوم:

الكاديوم عنصر سام جدا للإنسان والحيوان. ولا يوجد حتى الآن برهان قوى يبين أهمية الكاديوم فى العمليات الكيميائية الحيوية فى جسم الإنسان والحيوان. وقد يتسبب الكاديوم بمرور الوقت من خلال تناول أطعمة ملوثة بهذا العنصر فى الكلى، ويؤدى ذلك إلى الإصابة بالسرطان وأمراض القلب والأوعية الدموية.

وهنا علاقة بين زيادة تركيز الكاديوم وبعض أمراض العظام فى بعض الدول مثل اليابان، وكذلك بين الكاديوم والفشل الكلوى فى مختلف دول العالم.

يعتبر دخان المصانع ودخان الفحم والمياه الجوفية الملوثة بالكاديوم نتيجة مرورها فى صخور تحتوى على هذا العنصر السام، والأمطار الحمضية، وهى الأمطار التى تحتوى على مركبات كيميائية عديدة ناتجة عن ذوبان الغازات والمركبات الكيميائية المتصاعدة من المصانع وتشمل غازات الفوسفور والكبريت والسيلينيوم

والكادميوم والكربون. . . إلخ، المصدر الرئيسى للتلوث بالكادميوم سواء فى التربة الزراعية أو مياه الشرب والرى والتى يصل عن طريقها الكادميوم إلى جسم الإنسان بطريقة مباشرة كالشرب من المياه الملوثة أو غير مباشرة نتيجة تناول الأطعمة النباتية والحيوانية الملوثة بالكادميوم.

#### ٢٦. الرصاص؛

الرصاص عنصر سام للإنسان والحيوان حتى لو وجد فى الجسم بكمية ضئيلة جدا.

والرصاص عنصر شائع فى البيئة. وبالتالي فإن هناك احتمالا كبيرا لدخول الرصاص إلى جسم الإنسان عن طريق الغذاء أو الماء.

#### معظم روما:

يرى بعض الباحثين فى تاريخ الحضارة أن التسمم بالرصاص كان أحد الأسباب التى أدت إلى سقوط الإمبراطورية الرومانية. فقد استخدم الرومان الرصاص فى صناعة الأواني المنزلية وفى صناعة خط أنابيب المياه المشهور فى روما. وتم إحصاء الرصاص لهذا الغرض من إنجلترا وأسبانيا وغيرها.

وجميع مركبات الرصاص الذائبة فى الماء سامة جدا، وقد ثبت أن الماء الذى كان يشربه أهل روما كان مشبعًا بغاز ثانى أكسيد الكربون. ويتفاعل هذا الغاز فى وجود الماء، مع الرصاص مكونا كربونات الرصاص التى تذوب فى الماء. وعندما تدخل فى جسم الإنسان فإن الرصاص يحل محل الكالسيوم فى الجسم مما يؤدى إلى متاعب صحية عديدة.

ويستخدم الرصاص فى الوقت الحاضر فى عدد كبير من الصناعات مثل: صناعة البطاريات والبويات، صناعة سبائك اللحام، صناعة الدروع والملابس الواقية من الإشعاعات النووية فى المحطات النووية وغيرها، وفى صناعة بعض الأدوات الصحية وتغطية الأسلاك والكابلات الكهربائية. . . إلخ. كما يدخل الرصاص مع الانتيمون والقصدير فى تركيب السبيكة التى تصنع منها أحرف

الطباعة. ويستعمل الرصاص فى صناعة الزجاج والخزف. أما أسوأ استخدام للرصاص فهو إضافته إلى البترين لضبط الاحتراق.

وإذا كانت حالات التسمم بالرصاص فى الماضى مرضاً مهنياً شائعاً عند عمال الطباعة ومصانع صهر الرصاص، فإنها أصبحت الآن نادرة الحدوث نظر لتحسن تكنولوجيا الإنتاج واتباع وسائل حديثة فى التهوية وتنقية الهواء.

ويتنقل جزء غير قليل من الرصاص المستخدم فى الصناعة إلى غذاء الإنسان ومياه الشرب والهواء الجوى بطرق مباشرة أو غير مباشرة، وبالتالي تؤدي إلى زيادة تركيز الرصاص فى جسم الإنسان وإصابته بتسمم الرصاص وما يتبعه من أمراض خطيرة. ويعد دخان المصانع وعادم السيارات من أكبر مصادر تلوث البيئة بالرصاص، خصوصاً فى المدن شديدة الازدحام مثل القاهرة وغيرها.

#### ٢٧. الزئبق:

الزئبق عنصر سام جداً للإنسان والحيوان، ولا يعتبر من العناصر الضرورية أو الأساسية بالنسبة للكائن الحى. ورغم ذلك فإن الزئبق يدخل فى جسم الإنسان والحيوان بطرق غير مباشرة عديدة.

ويجب تحاشي وعدم استنشاق بخار الزئبق أو حتى ملامسته للجلد بطريقة مباشرة. وكل أملاح الزئبق سامة جداً. ويتوقف مدى أو شدة سمية تلك الأملاح على نوع المركب الكيميائى للزئبق فمركبات الزئبق غير العضوية لا تمتصها المعدة بسهولة بينما تمتص المركبات العضوية للزئبق بسهولة تامة والمركبات العضوية للزئبق أكثر سمية من المركبات غير العضوية للزئبق.

وترجع خطورة الزئبق وسميته فى كونه يتحد مع بروتين الكلىة ويمنعها من ترشيح المواد الضارة فى الدم، أى تؤدي إلى الفشل الكلوى فى الإنسان والكمية الفاتلة من كلوريد الزئبىك مثلاً لا تزيد عن نصف جرام. والمواد المضادة للتسمم الزئبىقى هى اللين وبياض البيض؛ وذلك لأن البروتين فى هذه المواد يتحد بسهولة مع الزئبق وأملاحه ويرسبها فى المعدة.

وقد حدثت حالات تسمم جماعية بالزئبق فى بعض الدول مثل اليابان؛ وذلك نتيجة تناول أسماك ملوثة بالزئبق تعيش فى مياه ملوثة صناعيا بالزئبق وكذلك حاله التسمم الجماعى فى العراق؛ نتيجة تناول خبز مصنوع من حبوب معالجة بمبيد حشرى يحتوى على الزئبق. وقد حدث تسمم جماعى أيضا فى السويد بسبب تناول بيض ولحوم دجاج سبق تغذيتها بحبوب ملوثة بالزئبق.

وتحتوى بعض الاسماك على تركيزات عالية من الزئبق مثل السمك التونة - وسياق البحر (أبو سيف Swordfish) وهو سمك كبير الحجم. وتحتوى أجسام هذه الاسماك على كميات من الزئبق حتى لو كانت تعيش فى مياه مفتوحة فهي إذن أسماك جامعة لعنصر الزئبق.

وبخار الزئبق سام جدا، وأنه يكفى عند سكب بعض قطرات من الزئبق فى أحد المختبرات التى لا تراعى فيها الاشتراطات الصحية الواجبة، أن يتشبع جو المختبر ببخار الزئبق الذى يصيب العاملين فى هذه المختبرات بالتسمم الزئبقى.

والمعروف أن الزئبق يفرز من الجسم عن طريق البول والعرق ببطء شديد جدا، وبالتالي تتجمع ذرات الزئبق فى جسم الإنسان بمرور الوقت وتؤدى إلى إصابته بالأمراض الحبيثة. ويبدأ ظهور أعراض التسمم الزئبقى بادماء اللثة، يتبعها صداع وضعف فى الذاكرة وعسر فى الهضم وأخيرا إتلاف الجهاز العصبى. ولذلك يجب وضع مسحوق الكبريت فى المختبرات العلمية التى يستخدم فيها الزئبق حتى يتحد الكبريت مع بخار الزئبق وينقى الجو منه.

#### ٢٨. الأنتيمون:

يوجد الأنتيمون بقدر ضئيل جدا لا يزيد عن بضع أجزاء فى المليون، فى جسم الإنسان، وتتركز هذه الكمية فى اللسان والشعر والرتتين والنسيج اللعفاوى. وتستخدم أملاح الأنتيمون الثلاثية التكاثر فى حالات الإصابة بالطفيليات الاستوائية. ويرى بعض العلماء أن العلاج بأملاح الأنتيمون لفترة طويلة قد يؤدى للإصابة بالسرطان.

وهناك معدن مشهور للانثيمون هو الاستينايث (وهو كبريتيد الانثيمون) وقد عرفته الحضارات القديمة واستخدمه الإنسان منذ زمن بعيد في تكحيل العينين (الكحل الحجر)، حيث يجعل حافات الجفون سوداء ولون الاستينايث رصاصى براق ذو لعة فلزية، وكثيرا ما يختلط على الناس مع معدن مشهور للرصاص وهو الجالينا (كبريتيد الرصاص) الذى يشبهه فى اللون، غير أن الاستينايث أخف كثيرا من الجالينا. فالثقل النوعى للاستينايث ٤,٦ جرام/سم<sup>٣</sup> والثقل النوعى للجالينا نحو ٧,٥ جم/سم<sup>٣</sup>. ويتميز الاستينايث بسهولة انصهاره ويتفاعله السريع مع هيدروكسيد البوتاسيوم معطيا محلولاً أصفر اللون، سرعان ما يتحول إلى اللون البرتقالى. فإذا أزيل هيدروكسيد البوتاسيوم من فوق سطح المعدن أصبح لون المعدن أحمر. ولا تعطى الجالينا هذا التفاعل. علما بأن الجالينا سامة وتحدث التهابات فى العين.

#### ٢٩. الباريوم:

يحتوى جسم الشخص البالغ العادى على نحو ٢٠ مليجرام باريوم. تتركز أساسا فى العظام. ولا يعتبر الباريوم عنصرا ضروريا للإنسان، وهو عنصر سام للنباتات. غير أن بعض النباتات تميل إلى امتصاص الباريوم من التربة وتجميعه فى أجسامها وتعرف هذه النباتات بالنباتات المجمعة للباريوم مثل شجر الجوز.

ويمتص جسم الإنسان أملاح الباريوم الذائبة وتصبه بالتسمم. ويجب تحاشى استنشاق تراب الباريوم سواء فى المناجم أو المصانع أو غيرها؛ لأنها ضارة جدا للإنسان.

#### ٣٠. البريليوم:

البريليوم عنصر سام جدا للإنسان. ولا يقتصر الاثر السام للبريليوم على العاملين فى صناعة هذا العنصر، ولكن يصيب أيضا المخالطين لهؤلاء العاملين بسبب استنشاق تراب البريليوم العالق بهم. ويصاب المخالطون للعاملين فى صناعة وتعديين البريليوم بمرض يعرف بمرض البريليوم المعدى.



### ٣١. البورون:

يعتبر البورون من العناصر الهامة والضرورية لبعض النباتات، ولا يعتبر كذلك بالنسبة للإنسان أو الحيوان. وإذا زاد تركيز البورون في التربة الزراعية وبعض النباتات كما هو الحال في بعض المناطق الروسية، فإن ذلك يؤدي إلى إصابة الحيوانات التي تتغذى على هذه النباتات (خاصة الخراف الصغيرة) ببعض الأمراض.

ويحتوى جسم الإنسان على بضع أجزاء في المليون من البورون تتركز أساسا في العظام والأسنان.

ويعتبر حمض البوريك والبوراكس من أشهر أملاح البورون. ويستخدم حمض البوريك الذائب في الماء كمادة مطهرة للجلد. فإذا زاد تركيز هذا المطهر أصاب الجلد بالضرر وأتلفه. وإذا تناول الإنسان حمض البوريك أو البوراكس بطريق الخطأ أصابه بالتسمم.

وتراب ورذاذ البورون في الهواء أو الدخان سام جدا إذا استنشقه الإنسان مع الهواء الجوى.

### ٣٢. البروم:

يوجد البروم أساسا في ماء البحر متحدا مع الصوديوم والمغنسيوم واليوتاسيوم والكالسيوم، وكذلك في الرواسب الملحية.

وغاز البروم سام جدا للإنسان والحيوان وتستخدم بعض أملاح البروم مثل البروميديات كمادة مخدرة منذ زمن بعيد، وهي مادة سامة ويحتوى جسم الإنسان على بضع أجزاء من المليون بروم تتركز أساسا في الغدة الدرقية. ولا يعرف دور البروم في العمليات الكيميائية الحيوية في جسم الإنسان

### ٣٣. الذهب:

لا يعرف أثر ضار - من الناحية الكيميائية الحيوية - للذهب على صحة الإنسان. بل على العكس من ذلك تستخدم بعض أملاح الذهب (مركباته

الكيميائية) فى العلاج من أمراض القرس والتهاب المفاصل وقروحات الجلد وغيرها .

#### ٣٤. الفضة:

يحتوى جسم الإنسان على آثار ضئيلة من الفضة، تتركز أساسا فى مينا الأسنان.

وتدخل الفضة فى صناعة عدد من العقاقير الطبية مثل قطرة الأنف . فإذا داوم الإنسان على استخدام مثل هذه العقاقير لمدة طويلة، فإن الفضة تتجمع فى بقع معينة فى الجلد وتتحد مع بعض العناصر الكيميائية الأخرى مثل الكلور ثم تتأكسد مكونة بقع سوداء أو رمادية اللون تسمى *Argyria*<sup>(١)</sup>.

#### تغيير التركيب الجينى للكائنات الحية .. تلوث خطير

يتميز جسم الإنسان وكل كائن من الكائنات الحية الحيوانية والنباتية، بل وكل عضو من أعضاء البيئة الطبيعية بتوازن دقيق بين مكوناته أو عناصره وكلما توازن أو «انسجمت» هذه العناصر فينما بينها كان الجسم فى صحة وكمال، أما إذا اختل توازنها وطفى بعضها على الآخر اعطل الجسم وأصابه المرض . ويتوقف نوع وكمية الأمراض على مدى عدم التوازن فى مكونات الجسم.

وقد خلق الله سبحانه وتعالى الحيوانات والنباتات وحدد صفات كل منها وأودعها فيما نسميه بالجينات. فإذا تدخل الإنسان دون وعى أو تفكير فى تغيير البناء الجينى لبعض الكائنات الحية النباتية أو الحيوانية فإن ذلك يؤدى إلى اختلال التوازن فيما بين الجينات ويطفى بعضها على الآخر ومن ثم تحدث تغيرات حادة فى صفات تلك الكائنات الحية.

وفى الآونة الأخيرة اجتهد العاملون فى مجال الهندسة الوراثية فى تعديل التركيب الجينى لبعض النباتات (وربما بعض الحيوانات) وذلك تمهيدا لتعميمها على كل المخلوقات بما فيها الإنسان، والهدف المعلن هو زيادة المنتجات الزراعية والحيوانية لسد احتياجات البشر المتزايدة عاما بعد آخر . وقد نجحوا بالفعل فى

الحصول على سلالات عالية الإنتاج من كثير من الخضروات والفواكه. ولهذه المنتجات صفات تختلف كثيرا عن المنتجات العادية من حيث الشكل والطعم وربما أشياء أخرى لم تعرف بعد. والسبب فى ذلك راجع إلى الإخلال فى التوازن الجينى لتلك المنتجات وطغيان جينات معينة على الأخرى. وبعد ذلك تولوا خطيرا فى غذاء الإنسان والحيوان. ويؤيد ذلك بعض المهتمين بشئون البيئة.

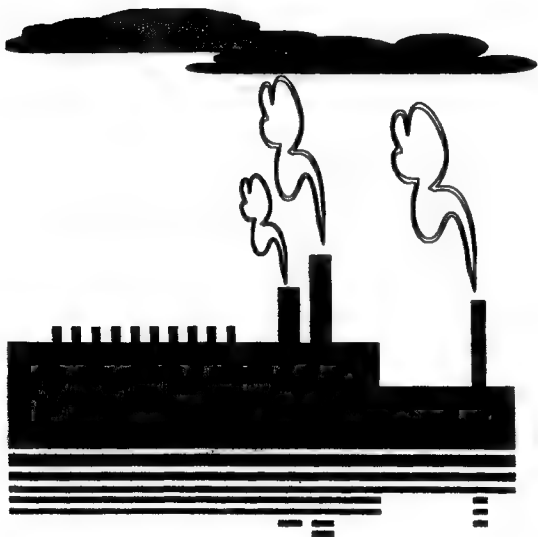
فقد حذر عدد من العلماء الفرنسيين من مخاطر ما أسموه بالتلاعب فى جينات الفواكه والخضروات التى يأكلها الإنسان عن طريق الهندسة الوراثية، واتهموا معامل البحوث الغذائية بأنها تضحى بصحة البشر فى سبيل إنتاج فواكه وخضروات أكبر حجما أو أغزر محصولا. ويقول وزير البيئة الفرنسى بيريس لاوند، الذى يقود حملة ضد علماء البيولوجيا والطبيعة: إن حياة الإنسان فى خطر؛ بسبب الجرى وراء الربح السريع والوفير بالتدخل فى حجم وشكل المنتجات الزراعية عن طريق الهندسة الوراثية، وضرب مثالا لذلك بالخوخ والعنب والطماطم التى أصبحت أكبر حجما ومحصولا أوفر ولكنها فقدت طعمها الطبيعى ويرى وزير البيئة الفرنسى السابق أن التقنيات البيولوجية الحديثة سوف تدمر صحة الإنسان، وأن التلاعب بالهندسة الوراثية فى المحاصيل أخطر من القنبلة الذرية. وعلى الجانب الآخر يقول مدير المعهد الفرنسى لأبحاث الغذاء إن أضرار التعديلات فى الخصائص الوراثية للفواكه والخضروات أقل كثيرا مما يقال (\*).





# الفصل الثالث

وبدأ الإنسان يغير البيئة  
منذ آلاف السنين





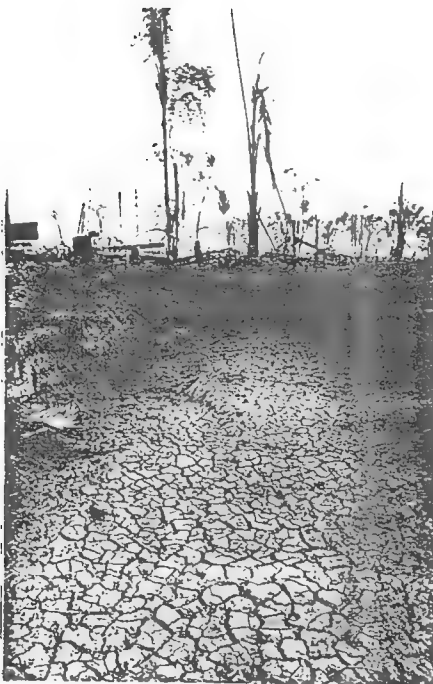
بدأ الإنسان يغير فى صفات البيئة الطبيعية منذ أن خطى أولى خطواته على سطح الأرض. والمعروف أن الإنسان قد بدأ حياته فى الصحارى والغابات جنباً إلى جنب مع الحيوانات المختلفة، المفترس منها وغير المفترس. ولم تكن هذه الصحارى يومذاك قاسية، جافة كما هى الآن، ولكنها كانت معتدلة المناخ، وفيرة الماء والغذاء، وتنعج بالحياة النباتية والحيوانية من كل صنف ولون، فهى إذن ليست صحراء بمفهومنا اليوم.

وربما كانت هذه البيئة الطبيعية وظروفها بمثابة المعضلة الأولى التى صادفها الإنسان على الأرض، واستوجب عليه العمل والتفكير لإيجاد حلول مناسبة لتلك المعضلة حتى يؤمن ويسيطر على البيئة ويستغلها لصالحه. وكان ذلك بمثابة فجر العلم والحضارة.

### عصر الإنسان،

وقد انتشر الإنسان وزاد نشاطه فى مناطق واسعة نسبياً خلال العصر المسمى عصر البليستوسين (العصر الحديث الأقرب) الذى بدأ منذ نحو مليون ونصف مليون سنة. ويطلق عليه اسم عصر الإنسان؛ لأن الإنسان كان العامل الأكبر الذى غير فى البيئة الطبيعية، فقد استأنس الحيوان ودجن النباتات، وصنع الآلات من الحجر والخشب والعظام، وزرع الأرض، واقتلع الأشجار وحرق الغابات، واستصلح الأراضى، واستخرج الأحجار (الصوان) والمعادن من باطن الأرض... إلخ.

وتميز عصر الإنسان أو عصر البليستوسين بتغيرات مناخية حادة فى مختلف بقاع اليابسة، ومن ثم انطلقت موجات الهجرات البشرية إلى كل مكان لتعمر الأرض وتغير فى البيئة، وأدى ذلك إلى اختلاط كل الأجناس البشرية مع بعضها البعض عن طريق التزاوج، حيث تودى فترات الجفاف الشديد والبرد القارس،



شكل (٩)

يؤدي قطع أشجار الغابات وحرقها إلى تبوير الأرض وإتلاف التربة، والتي تتعرض للاكسدة والانجراف لتصبح مناطق صحراوية كما حدث لمساحات واسعة من الغابات في العالم (عن مورك وآخرين ١٩٩٦).



وتقدم الجليد إلى هجرات بشرية، أما الفترات الطويلة الدافئة فهي فترات استقرار في حياة البشر.

وتشير الدراسات الجيولوجية إلى أن الجليد قد غطى معظم شمال أوروبا (شمال جبال الألب)، وغطى معظم أمريكا الشمالية وذلك خلال أربعة فترات في عصر البليستوسين، عرفت باسم عصور الجليد، حيث كانت درجات الحرارة في أثنائها تنخفض بحيث لا تسمح بذوبان الجليد في فصل الصيف فيتراكم الجليد إلى فصل الشتاء التالي فتزداد درجات الحرارة انخفاضا مما يؤدي إلى تراكم الجليد عاما بعد آخر حتى تكونت طبقات سميكة جدا من الجليد فوق سطح اليابسة.

وكان يفصل بين كل فترة جليد وأخرى فترة دافئة نسبيا، ترتفع فيها درجات الحرارة فيذوب الجليد المتراكم في الشتاء. وقد تخللت هذه العصور الجليدية الأربعة ثلاثة عصور دافئة ارتفعت فيها درجات الحرارة أعلى مما عليه الآن. وكانت فترات تقدم وتراجع الجليد طويلة جدا بلغ طول بعضها مئات الآلاف من السنين.

#### **بداية عصر دافئ:**

تسود العالم الآن بداية فترة دافئة حيث ترتفع درجة الحرارة باضطراد. ولا يعرف السبب الحقيقي لحدوث التقلبات المناخية الدورية على سطح الأرض على طول التاريخ. وإن كان البعض يعزو ارتفاع درجة حرارة المناخ الحالي إلى زيادة تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي بسبب الإسراف في إحراق الفحم والبتروول وغيرهما للحصول على الطاقة. فإحراق كيلو جرام واحد من تلك المواد العضوية الحاسوبية على الكربون ينتج عنه تولد أكثر من ٢ كيلو جرام من غاز ثاني أكسيد الكربون تضاف إلى الغلاف الجوي وتزيد من تركيز هذا الغاز في الهواء الجوي. . . ويسبب ذلك ما يعرف بظاهرة الصوبة الزجاجية *Greenhouse effect* في البيئة الأرضية كلها، نسبة إلى الصوب الزجاجية التي تزرع بداخلها بعض المزروعات في البلاد الباردة.

ويضعف من الرأي السابق تكرار عصور التقلبات المناخية عبر التاريخ بين دافئة وباردة حتى العصور التاريخية القريبة. فقد كانت إسكندناوه أدفاً مما عليه الآن

خلال عصر البرونز (حوالي ٤٠٠٠ - ١٠٠٠ قبل الميلاد) ثم انخفضت درجة الحرارة بعد ذلك، ثم تلتها فترة دافئة في القرن الرابع عشر الميلادي.

وتتكون معظم الطاقة الشمسية التي تصل إلى سطح الأرض من إشعاع كهرومغناطيسي تتراوح ذبذبته من أشعة أكس (الأشعة السينية) إلى الأشعة فوق البنفسجية، وضوء مرئي، وحرارة إشعاعية ثم موجات إشعاعية أو لاسلكية.

ويعتبر الغلاف الجوي للأرض غسير منفذ لمعظم طول الموجات الكهرومغناطيسية السابقة، أما الحرارة الإشعاعية والضوء المرئي فلهما القدرة على اختراق الغلاف الجوي والوصول إلى سطح الأرض.

وتسبب الطاقة الحرارية التي تصل من الشمس إلى سطح الأرض حدوث تغيرات مناخية هامة في الغلاف الجوي، فتسبب الدورة المائية، وتقوم بدور فعال في عمليات تعرية وتجوية الصخور وتكوين التربة الزراعية. كما أنها تجعل سطح الأرض صالحاً للحياة النباتية والحيوانية، فلولا هذه الطاقة لانعدمت الحياة على الأرض.

ويعكس سطح الأرض بعض الحرارة الإشعاعية إلى الغلاف الجوي، ولهذه الإشعاعات الحرارية موجات أطول من موجات الضوء المرئي العادي، ويقع أغلبها في نطاق الأشعة تحت الحمراء ذات الموجات الطويلة. ولا تستطيع هذه الإشعاعات المرور في غاز ثاني أكسيد الكربون، الذي يعمل كحاجز دون تسريبها إلى الفضاء الخارجي. ويقوم هذا الغاز بامتصاص هذه الحرارة ويحتفظ بها في داخل الغلاف الجوي للأرض. وعلى هذا الأساس فإن زيادة تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون في الطبقات السفلى من الغلاف الجوي يؤدي إلى زيادة امتصاص الإشعاعات الحرارية المنعكسة من سطح الأرض، ومن ثم ترتفع درجة حرارة الهواء الجوي القريب من سطح الأرض عن معدلها الطبيعي.

وقد أشارت إحدى تقارير أكاديمية العلوم الأمريكية<sup>(٨)</sup> إلى أن درجة حرارة الغلاف الجوي للأرض سوف ترتفع بمقدار درجتين أو ثلاثة درجات مئوية في منتصف القرن الحادي والعشرين.

فإذا صحت توقعات أكاديمية العلوم الأمريكية فى هذا المجال، فإن تغيرات مناخية خطيرة قد تحدث فى الأرض فى المستقبل القريب، وربما يترتب عليها ذوبان تدريجى للجليد المتراكم منذ آلاف السنين فى القطب الشمالى والقارة القطبية الجنوبية، وتضاف مياهها إلى البحار والمحيطات فيرتفع مستوى سطح الماء وقد تفرق العديد من دالات الأنهار (مثل دلتا نهر النيل، ونهر السند وغيرهما) والعديد من المدن الساحلية فى كل القارات .

#### وسار الأحقاد على طريق الأسلاف،

لقد شهدت البيئة تغيرات واسعة على مر العصور فقد بدأ الإنسان حياته جامعا للغذاء من الغابات إبان عصور الحجر، وكان دوره ضئيلا نسبيا فى تغير البيئة آنذاك بسبب قلة عدد السكان وتشتهم وسط محيط الغابات الواسع والسهول الغابية المترامية الأطراف، وفى تلك الفترة كان الناس يأكلون مما تنبت الأرض، ويصطادون بعض الحيوانات لتناول لحومها واستخدام جلودها فى صناعة الملابس، ويصنعون من عظامها الأسلحة .

وخلال عشرات القرون لم يشعر الإنسان بأن البيئة تحتاج إلى حماية، فالغابات تشكل محيطا أخضر ليس له سواحل، والمياه متوافرة ونقية والهواء خال من الدخان والملوثات الأخرى. وكان القضاء على الغابات الواسعة، والأنهار الوفيرة المياه، وأسراب الطيور التى تعج بها الغابات فى كل مكان.. لتبدو فكرة غريبة، وربما لم تخطر على بال الإنسان وقتذاك.

وقد تصرف الإنسان طيلة حياته القديمة، على ما يبدو، بثلقانية مفرطة، فإذا احتاج إلى الخشب اقتلع الأشجار من الغابات الواسعة، فإذا احتاج إلى حقل يزرع فيه نباتات معينة اقتطع مساحة من الغابة وجردها من نباتاتها وحرثها وزرع فيها ما يشاء، فإذا ضعف إنتاج هذا الحقل بسبب استنزاف تربته، اقتطع جزءا آخر من الغابة ليكون حقلا جديدا .

فإذا احتاج الإنسان إلى النحاس أو الحديد أو الأحجار حفر الأرض واقتلع منها ما يريد وألقى نفاياتها حول المنتج، وصهر الخامات وألقى بنفايات الأفران في العراء الفسيح .

واعتاد الإنسان على اعتبار كوكب الأرض غنيا وكثرا لا ينضب أبدا، أعطى وسيعطى إلى الأبد الكميات المطلوبة من الماء والغذاء ومواد الطاقة . . وكانت هذه الأفعال الهدامة لا تؤثر تأثيرا كبيرا على البيئة الطبيعية حينما كان تعداد البشرية قليل نسبيا، ولم يكن الإنسان مسلحا بالوسائل التكنولوجية المتقدمة، فباستعمال الفأس والمحراث الخشبي تمكن الإنسان من استصلاح مساحات محدودة وقطع أعداد قليلة من أشجار الغابة سرعان ما تنمو آلاف غيرها، أو ألقى بكميات محدودة من فضلاته سرعان ما تقوم عناصر من البيئة بتحليلها إلى عناصر تتصاعد في الهواء ويعود الباقي إلى التربة ليتنفع به نبات جديد في نموه، أى أن البيئة الطبيعية لم تلق بالالمثل هذه الأعمال البسيطة جدا في الماضي . .

ثم زاد عدد السكان وتقدمت التكنولوجيا وصار البشر قادرين على أن يأخذوا من البيئة أضعاف أضغاف ما أخذهم أسلافهم السابقون من المواد العضوية وغير العضوية، والتأثير على كل مكونات البيئة من حيوان ونبات ومياه وهواء وجما . . تأثيرا فعالا لم يسبق له مثيل من قبل .

ونضرب مثالا لذلك بمواد الطاقة من فحم وبتروول وغاز طبيعي لما لها من آثار سلبية على البيئة . . فقد بدأ استخراج الفحم الحجري على نطاق واسع اعتبارا من النصف الثاني من القرن التاسع عشر . وقد زاد ما استخرجه الإنسان من فحم وبتروول وطين زيتي (يستخرج منه البتروول بالتقطير) وغاز طبيعي خلال النصف الأول من القرن العشرين على ١٠٠,٠٠٠ مليون طن . وتنتج عن احتراق هذه المواد لأجل الحصول على الطاقة أكثر من ٣٠٠٠ مليون طن من الرماد أضيف بعضه إلى الهواء الجوي والباقي إلى المياه والتربة وتحتوى هذه الكمية من الرماد على أكثر من مليون ونصف مليون طن من الزرنيخ، ١,٢ مليون طن من الزنك والانتيمون . . وهى عناصر سامة وملوثة للبيئة . وستجد طريقها فى النهاية إلى أجسام البشر . . فتصيبهم بالتسمم والأمراض الخطيرة .

ويستهلك سنويا نحو ستة آلاف مليون طن من غاز الاكسجين فى احتراق الوقود المستخرج من باطن الارض. . وكما ذكرنا آنفا فإن إحراق طن واحد من المواد العضوية الحاوية على الكربون (البترول، الفحم، الخشب. . . إلخ) يولد أكثر من طنين من غاز ثانى أكسيد الكربون تضاف إلى الهواء الجوى.

وقد تعرض الجزء العلوى من سطح اليابسة للتعديل والتغير بفعل النشاط الإنسانى، إذ يبلغ ما يتعرض للعرق والتقليب والحفر والردم والخلط والمعالجة من مكونات سطح الأرض أكثر من رقم (٣) أمامها ١٨ صفرا، من الاطنان من الخامات المعدنية والصخور والتراب، وهو رقم يعبر عن حلة التغيرات التى تعرضت لها صخور القشرة الأرضية<sup>(٩)</sup>. وسوف يزداد ذلك بالوقت زيادة كبيرة مع زيادة تعداد البشر وحاجاتهم للطعام ومواد الطاقة.

وربما زاد تأثير الإنسان الهدمى فى البيئة منذ أن عرف السيطرة على النار فى عصر الحجر القديم - ولا تعرف بداية لهذا العصر، وإن تراوحت نهايته من عشرة آلاف إلى خمسة عشر ألف سنة قبل الميلاد. وكانت سيطرة الإنسان على النار من أهم إنجازاته الحضارية التى حققت له التكيف مع البيئة والسيطرة عليها. . كانت النار الأساس الذى قامت عليه العديد من الصناعات الفنية مثل صناعة الفخار وصهر المعادن. وفى بادئ الأمر استخدم الإنسان النار فى تدفئة الكهوف والأكواخ التى يسكنها وفى حماية نفسه وأهله من الحيوانات المفترسة الكبيرة؛ لأنها تخاف من النار، واستخدم النار كذلك فى حرق أدواته المصنوعة من الطين ثم فى طهى الطعام.

وكان لاكتشاف النار والسيطرة عليها دور كبير فى تغيير البيئة الطبيعية، إذ كان الإنسان يقطع الأشجار للحصول على الخشب اللازم لإبقاء النار مشتعلة فى موقده. . وقد منحت النار الإنسان قوة عظيمة من السيطرة على البيئة من حوله، ووسعت قائمة الأغذية النباتية والحيوانية التى تستخرج لغرض استعمال البشر.

واستخدمت النار فى صهر الخامات والحصول على الحديد الذى استخدم فى صناعة آلات قطع الأخشاب وهدم الغابات جنباً إلى جنب مع النار. وقد عثر

العلماء فى شمال بلجيكا وألمانيا على طبقات من الرماد يعتقد أنها شواهد صامته على الحرائق القديمة. وربما كان لمثل هذه الحرائق (ويعضها يشب فى الغابات بسبب تطاير حمم البراكين الملتببة أو شرر الصواعق أو سقوط نيازك ملتببة على مواد نباتية جافة) دور فى الإخلال بالتوازن البيئى وقتذاك، إذ أبادت النيران بعض الغابات والأحراج وكونت مناطق واسعة مكشوفة ربما استغلها الإنسان فى الزراعة بعد ذلك.

ولم يتوقف عدوان الإنسان على الغابات حتى يومنا هذا، ونتيجة لذلك انخفضت مساحة الغابات على سطح الأرض من ٢٨ مليون ميل مربع إلى نحو النصف أو أقل. وحتى ما تبقى من تلك الغابات غير الإنسان من طبيعته الأصلية؛ حتى أنه يمكن القول بأنه لا توجد فى الوقت الحاضر عينات من الغابات الأصلية على سطح الأرض.

وربما كان للتغيرات المناخية العالمية دور فى تقليص مساحة وطبيعة الغابات. فقد تغيرت - مثلاً - طبيعة غابات جنوب شرق إنجلترا فى الفترة الممتدة من ٦٠٠٠ - ٣٠٠٠ قبل الميلاد، من غابات صنوبرية إلى غابات متنوعة الأشجار الخشبية الصلبة والتي تغلب عليها أشجار البلوط.

وخلال الثلاثة آلاف سنة الأخيرة غير الإنسان فى البيئة النباتية على سطح اليابسة واستغل الغابات والمراعى استغلالاً جائراً. وكان أسلافنا من صيادى عصور الحجر ينظرون برهبة وخوف إلى الغابات على أنها ملجأ للأعداء والحيوانات المفترسة. وربما أشعلوا فيها النار لطرد سكانها من الأعداء والحيوانات المتوحشة. وكان ذلك بداية العدوان على الغابات وتغيير البيئة.

واستمر نشاط الإنسان فى تغيير البيئة وطبيعتها وازداد ذلك فى العصور الحديثة إثر بعض الاكتشافات العملية مثل ظهور علم الكيمياء الزراعية على يد العالم الألمانى يوستوس فون لينينج فى أواسط القرن التاسع عشر الذى فسر قوانين التغذية المعدنية للنباتات وبين أن إضافة مركبات الفوسفور والبوتاسيوم والكالسيوم

وغيرها إلى التربة الزراعية يمكن أن تحول التربة الجدياء إلى أرض خصبة ومن ثم بدأ استخدام الأسمدة الكيميائية في الزراعة.

الجدير بالذكر أن بعض قبائل الأميركيين (الهنود الحمر) الذين عاشوا قرب الساحل الأطلنطي في أمريكا الشمالية قبل عصر كولومبس (أى قبل عام ١٤٩٢م) قد عرفوا تسميد التربة، حيث كانوا يضعون واحدة من أسماك الرنجة فى كل حفرة من حفر الذرة عند زرعها، ثم يذهبون بعد ذلك للمصيد تاركين الذرة وشأنها إلى أن يعودوا ثانية لحصاد المحصول. . .

وبانتقال الإنسان من عصور الصيد وجمع الغذاء إلى عصر الزراعة وإنتاج الغذاء، زاد الإنسان من مساحة الأراضي المقتطعة من الغابة، وباستمرار زراعة الأرض تقل خصوبتها وتقل غلتها فليجأ الإنسان إلى اقتطاع مساحات أخرى من الغابة وبذلك توسعت الأراضي الزراعية على حساب الغابات الطبيعية، ولايزال هذا الأسلوب متبعاً حتى اليوم فى بعض مناطق الغابات الإستوائية.

واستغل الإنسان الغابات فى العصور التالية كمصدر للأخشاب لصناعة السفن وبناء الاكواخ وفى إنتاج الفحم الذى كان يستخدم فى العصور الوسطى فى صهر الخامات المعدنية واستمر استخدام الفحم فى هذا الغرض حتى منتصف القرن الثامن عشر . وكانت العادة أن تنقل الخامات المعدنية من المناجم إلى الغابات، حيث تقام أفران صهر الخامات بالقرب منها، وذلك بدلا من نقل الخشب أو الفحم إلى مواقع المناجم.

وكان للمناجم السطحية Opencast mines دور كبير فى تقليص مساحات الغابات، فبعد أن تحفر تلك المناجم فى مناطق الغابات تتجمع المياه الجوفية فيها، ويقوم العاملون بسحب تلك المياه مما يؤدى فى النهاية إلى خفض مسوب الماء الجوفى فى المنطقة مما يؤثر على حياة بعض النباتات حول المنجم . وبعد ترك المنجم تتجمع فيه المياه مكونة بركة.

كذلك تسبب المناجم التحت سطحية العملاقة تدميرا للغابات فى مواقعها، ففى أثناء العمل فى تلك المناجم يتم سحب المياه الجوفية المتجمعة فى المنجم وبعد

ترك المتجم يمتلئ جوفه بالماء وقد ينهار سقفه مكونا بركا من الماء كما حدث فى إنجلترا مرارا.

وقد ساهمت التغيرات المناخية العالمية فى تغيير البيئة النباتية منذ قديم الزمان . . فكثير من مناطق شمال أفريقيا خاصة صحراء ليبيا والصحراء الكبرى والتي تعتبر اليوم من أقحط مناطق العالم وغير مأهولة بالسكان، لم تكن كذلك فى الماضى، فقد كانت هذه الصحارى إبان عصر الحجر الحديث (لم يبدأ هذا العصر فى كل بقاع العالم فى وقت واحد) وحتى عام ٢٠٠٠ قبل الميلاد (أى منذ نحو سبعة آلاف عام - وحتى ألفين قبل الميلاد) كانت مناطق أهلة بالسكان وكانت غنية بالمياه العذبة وفيرة النباتات والحيوانات. ويدل على ذلك وجود بقايا كثيرة من عظام الحيوانات التى كانت تعيش فى المنطقة مثل: الزراف والأفيال وأفراس النهر والوعول وغيرها. . ولا تزال تنمو فى بعض البقاع الجبلية فى هذه الصحارى نباتات معمرة، وتعيش فيها بعض التماسيح القزمية فى بعض البرك، وهى مناطق يصعب الوصول إليها بالطرق البرية.

#### **مخلفات الإنسان ملوثة للبيئة:**

تعد مخلفات الإنسان أكبر ملوثات للبيئة، كان ذلك منذ عصور الحجر وحتى اليوم. فقد عثر الباحثون فى العديد من الكهوف التى سكنها إنسان عصور الحجر فى أوروبا، على أكوام من مخلفات الطعام، ورماد النيران، والأدوات الحجرية المحطمة، وقد تراكت هذه المخلفات فى أرضية الكهوف وكونت هذه المخلفات بمرور الوقت طبقات بلغ سمك بعضها عدة أقدام. .

ولا تزال مخلفات الإنسان الشخصية ومخلفات المنازل وأجسام الحيوانات الميتة (والتي نشاهد كثيرا تطفو فوق سطح الماء فى مجرى النيل والترع . . ) ثم المخلفات الصناعية ومخلفات المناجم مثل مناجم الفحم الحجري والتي حلت محل الفحم النباتي فى صهر الخامات المعدنية . . إلخ . . تقول لا تزال تلك المخلفات تشكل التلوث الرئيسى فى البيئة. وقد بلغت نفايات منجم واحد فى إنجلترا مائة مليون طن فى سنة ١٩٦١، وغطت نفايات المناجم نحو ٨٠٠ مليون فدان فى



الولايات المتحدة الأمريكية، و٢١٣ ألف فدان فى ألمانيا، ونحو ١٥٠ ألف فدان فى إنجلترا . وقد تعد هذه المساحات صغيرة بالنسبة إلى مساحات الدول التى فيها . إلا أنها تعد كبيرة بسبب كونها تقع فى مناطق صناعية ذات كثافة عالية من السكان بسبب هجرة الأيدى العاملة إلى تلك المواقع .



#### شعبي (٧)

تزدحم مقالب النفايات بمخلفات الإنسان المتنوعة، وإذا لم يتم التخلص منها بطريقة  
 فنية سليمة تسربت بعض مكوناتها مع مياه الأمطار لتضاف إلى المياه الجوفية  
 وتلوثها لتجد طريقها فى النهاية إلى جسم الإنسان (عن مورك وآخرين ١٩٩٦).



#### شعاع (٥)

تمد نفايات المصانع من أكثر ملوثات البيئة خطورة لما تحتويه من مخلفات كيميائية سامة، والتي تتسرب مع مياه الأمطار إلى المياه الجوفية وتلوثها، ثم تجد طريقها إلى جسم الإنسان في نهاية المطاف (عن مورك وآخرين ١٩٩٦).

وتعد مناطق استخراج البترول فى بعض الحالات مناطق ملوثة، ويعتمد فيها الإنسان على البيئة الطبيعية ويغير من معالمها. فقد أدت هجرة العديد من السكان إلى صحراء قارة قرم فى الاتحاد السوفيتى السابق، بحثا عن البترول والثروات المعدنية، أن زاد عدد السكان فى تلك الصحراء، وزادت حاجتهم إلى الغذاء ومن ثم رادت رموس الماشية (الأغنام) فى تلك الصحارى لسد حاجة السكان من اللحوم. وكانت النتيجة أن جار استخدام الإنسان للمراعى فى المنطقة بما فيها من الأشجار الخشبية التى تستخدم كوقود، وفى النهاية ثم القضاء على الغطاء النباتى للأرض وانخفض إنتاج المراعى فى بعض المناطق بمقدار مرة ونصف وانحسرت النباتات لتحل محلها كثبان الرمال المتحركة.

وعلى الساحل الشمالى فى مصر وعلى بعد اثنى عشر كيلو مترا شرقى مدينة دمياط، وعلى جانب الطريق الساحلى الذى يقطع بحيرة المنزلة إلى بورسعيد تقع قرية شطا. وفى هذه القرية كما يقول الدكتور زكى زغلول(\*) قامت إحدى شركات الحفر عن البترول بتشوين مئات الأطنان من مخلفات الحفر المرفوعة من الآبار والمكونة من مواد طينية بها عوالق بترولية كافية لتلويث بحيرة المنزلة والمنطقة الساحلية من دمياط حتى بورسعيد بالملوثات البترولية الخطيرة.

وتعد مقالب القمامة القريبة من المدن مصدرا لأخطار عديدة بجانب تلويثها للبيئة كما حدث فى جنوب ويلز، حيث انزلقت محتويات مقلب قمامة فى سنة ١٩٣٩ بعد أن تبللت بمياه الأمطار وزاد انحدارها بمرور الزمن، وانتشرت مخلفات كوم القمامة والتي رادت عن ١٨٠,٠٠٠ طن لتغطى مساحة واسعة فى المنطقة. وفى سنة ١٩٦٦م حدث انفجار فى أحد مقالب القمامة فى جنوب ويلز أيضا بصورة فجائية بسبب تفاعلات وعمليات كيميائية لم تعرف بعد، وتكون بسبب هذا الانفجار حفرة عميقة ابتلعت ١١٦ طفلا و ٢٨ رجلا غرقوا فى الوحل فى داخل الحفرة. وكان هذا المقلب مستخدما لإلقاء المخلفات الصناعية الصلبة وغيرها حتى وقت وقوع الكارثة. وحدث شئ مماثل لذلك فى منطقته ليزج، حيث يوجد

(\*) جريدة الأهرام - العدد ٤٠٠١٠١ بتاريخ ٢١ / ٩ / ١٩٩٦ .

مقلب كبير للقمامة فى جنوب المنطقة ووصل ارتفاع المخلفات فيه إلى نحو ٨٠ قدما. وقد انفجر هذا الكوم فجأة سنة ١٩٥٩ واندلعت منه المنهمرات والتي بلغ حجمها نحو ٧٠,٠٠٠ متر مكعب وغطت الأراضى الواطئة لمسافة تبعد عن موقع القلب بنحو ١٠٠٠ قدم. ويعد ذلك دليلا على عدم وعى الإنسان فى التخلص من النفايات الصناعية وغيرها، وعدم معرفته أيضا بالخواص الفيزيائية لمقالب القمامة.

### المدن الكبرى..براكين متفجرة

البراكين هى فتحات فى صخور القشرة الأرضية تنطلق منها المواد البركانية فى صورة سائلة أو غازات وأتربة.

ويمكن تشبيه بعض المدن الصناعية الكبرى مثل القاهرة وطوكيو ونيويورك ولندن وباريس... إلخ بالبراكين النائرة، حيث يقذف سكان تلك المدن والآلاتهم ومصانعهم ومركباتهم بمئات الآلاف من الأطنان من الغازات السامة والأتربة وعوادم المصانع والسيارات... إلخ إلى الهواء الجوى. وتكون هذه الغازات والأتربة غلالة أو سحابة رمادية أو زرقاء اللون تغطى تلك المدن. وتزحف هذه السحب السوداء فوق القارات بفعل تيارات الهواء لتلوث مناطق أخرى.

وتتألف تلك السحب بصفة رئيسية من غاز ثانى أكسيد الكربون والسنج وأكاسيد الكبريت والفوسفور والزرنيخ والزنك والكادميوم... إلخ. ويمكن رؤية مثل هذه السحب الغازية الغبارية فوق المدن الكبرى من الطائرات أو من فوق قمم الجبال العالية. وفى مصر يمكن مشاهدة السحابة الغازية الغبارية فوق القاهرة من جبل المقطم مثلا.

وإذا تعرضت سحب الغاز والغبار لمياه الأمطار ذاب بعضها فى الماء مكونا الأمطار الحمضية. ويعتبر ماء المطر حامضيا إذا زاد تركيز أيون الهيدروجين فيه عن تركيز أيون الهيدروجين فى الماء العادى. ويستخدم العلماء ما يعرف بالرقم الهيدروجينى للتعبير عن حموضه أو قلوية المحاليل. فالماء المتعادل رقمه

الهيدروجينى (٧)، فإذا زاد هذا الرقم عن (٧) أصبح الماء قلويا وإذا انخفض الرقم الهيدروجينى عن (٧) كان الماء حامضيا .

وقد رادت كمية ثانى أكسيد الكربون التى أضيفت إلى الهواء الجوى سنويا خلال النصف الأول من القرن العشرين بمقدار ثمان مرات عما كانت عليه قبل ذلك وبلغت حوالى ستة آلاف مليون طن . ثم تضاعفت فى النصف الثانى من القرن العشرين .

ودلت التجارب أن هواء معظم المدن الصناعية الكبرى فى العالم به نقص شديد فى الأكسجين .

وتعد نيويورك من أكثر المدن تلوثا فى العالم إذ تنفث هذه المدينة إلى الهواء الجوى حوالى ٣٢٠٠ طن من ثانى أكسيد الكبريت، ٢٨٠ طنا من الغبار، ٤٢٠٠ طن من ثانى أكسيد الكربون وأول أكسيد الكربون، بالإضافة إلى أكاسيد متعددة للتروجين والزرنيخ وغيرها، ويترسب من هذه السحابة على سطح الأرض نحو أربعة أطنان من السناج فى كل ميل مربع تقريبا .

وقد يتصور البعض أن الهواء ملوث فقط فوق المدن الصناعية الكبرى . وهذا غير صحيح فبسبب حركة الهواء أصبح تلوث الغلاف الجوى ظاهرة عالمية وتشمل كل الطبقة السفلى من الغلاف الجوى (التروبوسفير) وحتى جزر هاواى الواقعة فى وسط المحيط الهادى تعانى من تلوث الهواء - وإن كان بدرجة أقل من تلوث الهواء فى المدن الكبرى، وقد زاد تلوث الهواء فى جزر هاواى خلال الأعوام الأخيرة بأكثر من ٣٠ ٪ .

### ويلغ تلوث البيئة الخط الأحمر:

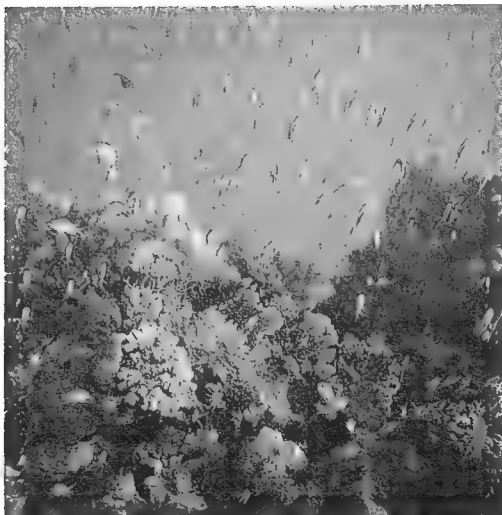
البيئة - كما ذكرنا آنفا - وحدة متكاملة تتألف من عدد من الأعضاء أو العناصر المرتبطة ببعضها البعض فى توازن طبيعى دقيق ويعبر عنه باسم النظام البيئى Eco System - وهو مصطلح اخترعه السير آرثر تانسلى فى عام ١٩٣٥ ليعبر به عن نظام تعيش فيه مجموعة من الكائنات الحية فى تكامل مع كل العناصر

المكونة للبيئة وتؤثر هذه العناصر فى بعضها البعض، وترتبط مع بعضها فى توازن دقيق<sup>(١١)</sup>. ويؤدى حدوث أى تأثير خارجى ضئيل، أو تدخل طائش إلى الإخلال بهذا التوازن القائم بين عناصر ومكونات النظام البيئى. وتعد الشعاب المرجانية من أكثر النظم البيئية تكاملا وتتألف البيئة من عناصر طبيعية غير حية وتشمل الماء والهواء والتربة والضوء والحرارة . . . إلخ، ثم عناصر حية وتشمل الإنسان والحيوان والنبات.

ويؤثر نشاط الإنسان بصورة مباشرة أو غير مباشرة فى بقية العناصر المكونة للبيئة، فقد يغير من صفات وتركيب الماء والهواء والتربة الزراعية. وحتى فى جينات النباتات والحيوانات فيما يعرف بتكنولوجيا الهندسة الوراثية - وهى أخطر آثار الإنسان على البيئة ومكوناتها.

فإذا كان الإنسان قد غير فى البيئة فى العصور القديمة بأن قطع الأشجار وأزال الغابات وحل محلها الأراضى الزراعية، أو دجن الحيوان والنبات . . . إلخ فإن بعض علماء البيولوجيا فى الوقت الحاضر يحاولون تغيير صفات وتركيب الجينات حسب ما يرون - وقد يتمكنون من التأثير بدرجة كبيرة على تركيب الجينات التى تحمل البرامج (الصفات) الوراثية، والتأثير على الجينات كيميائيا بالاقتران مع الجراحة البيوكيميائية باستخدام أشعة الليزر، التى تقوم بزراعة أجزاء من خلية ما فى خلية أخرى، ومن ثم يمكن استنباط سلالات جديدة من النباتات والحيوانات تتمتع بصفات غير مألوفة . . . إلخ. ويعد ذلك تدميرا للبيئة الطبيعية - وحتى لو أمكن بهذا الأسلوب زيادة المنتجات الزراعية والحيوانية - وهناك من يرى أن ذلك جريمة يرتكبها الإنسان، ولا ينبغى استخدام هذه التكنولوجيا إلا فى مجال الطب وعلاج الإنسان.

وتتعرض بعض عناصر البيئة لتغيرات خارجة عن نطاق الإنسان، فتارة يسود قيط، وتارة تسود أيام البرد، وتسقط فترات الجفاف أيام غزيرة المطر، وقد يتغير ضغط ورطوبة الهواء من مكان لآخر تغييرا كبيرا، كما قد تتغير شدة الإشعاعات الشمسية وتركيبها النوعى، ويتغير المجال الكهرومغناطيسى والكهربائى للأرض.



### شكل (٩)

تعد الشعاب المرجانية نظاما بيئيا متكاملا إلى حد بعيد، وهو نظام بناء، ويضم العديد من الأحياء المائية، ومن صفاته أنه يعيد تدوير المغذيات بين أعضائه (قفضلات أعضاء غذاء لأعضاء آخرين)، والشعاب المرجانية حاجز طبيعي يحمي الشواطئ من ضربات الأمواج البحرية القوية، هذا بالإضافة إلى أهميتها الاقتصادية والجمالية (عن مورك وآخرين ١٩٩٦).

غير أن التقلبات الجوية والتغير في درجات الحرارة ليست كبيرة عموماً، ولكنها تحدث ببطء عبر القرون وحتى آلاف السنين. وخلال هذه الفترة تتكيف النباتات والحيوانات على تلك التغيرات التدريجية.

وهناك توازن وانسجام بين كل الأعضاء المشاركين في البيئة، فإذا تدخل الإنسان في هذا النظام وغلب عضواً على آخر اختل هذا التوازن وأصبحت البيئة بأضرار كبيرة، قد لا يدركها الإنسان لأول وهلة ولكنه يحس بها بعد فترة من الزمن.

فإنحام حيوان أو نبات في بيئة معينة يحدث انقلاباً في التوازن الطبيعي القائم بين أعضاء تلك البيئة، ويؤدي إلى تكون دورات غذائية جديدة وينتج عن ذلك في النهاية اختلال التوازن الطبيعي في البيئة.

فالقطة التي جئ بها إلى بعض الجزر الشبه قطبية للحد من انتشار الفئران، قضت على مستعمرات الطيور، والثعلب الذي أدخلوه إلى أستراليا للقضاء على الأرانب البرية، تسبب في اختفاء عدد كبير من أصناف الحيوانات ذات الأكياس (الجرانيات)<sup>(٩)</sup>.

وذاث يوم جلب سكان جزيرة سقطرى اليمنية في المحيط الهندي، الكلب إلى جزيرةهم الهادئة، فما كان منه إلا أن هاجم الأغنام والماعز في الجزيرة فقام الأهالي بالقضاء على الكلاب قبل أن يستفحل خطرهما وتقضى على ثروة الجزيرة من الماعز والأغنام.

وعاشت في البراري الأمريكية قبل عصر كولبس (أي قبل سنة ١٤٩٢م وهو العام الذي وصل فيه كريستوفر كولبس إلى أمريكا لأول مرة) أنواع عديدة من النباتات البرية، ومنها عنب الثعلب. وكان هذا النبات بمثابة الغذاء المفضل لخنفساء صغيرة الحجم مرقطة. وكانت تلك الخنفساء وغيرها من الحشرات تعيش في توازن وانسجام مع كل عناصر البيئة في تلك البراري الواسعة. وعند موتها تتحلل أجسامها بفعل عوامل التحلل من البكتريا وغيرها، ليعود بعض ما أخذته من البيئة في أثناء حياتها، يعود إلى البيئة مرة أخرى ليدخل في دورات جديدة للنباتات



والحيوانات . . ومنها غيب الثعلب وكان لكل حشرة من تلك الحشرات أعدائها الطبيعيين . ورغم كثرة أعداد الخنفساء المرقطة لم تكن تهدد نبات غيب الثعلب ، فكلما ازداد عدد الخنفساء المرقطة ازداد أعدائها الطبيعيين من الحشرات .

وبعد أن استوطن الأوروبيون أمريكا وقضوا على سكانها الأصليين وهم الأميركيين ، أخذوا يزحفون إلى الغرب وأزالوا البراري وأحرقوا النباتات ليزرعوا مكانها الحبوب والبطاطس وغيرها . ولم تجد الخنفساء المرقطة إلا البطاطس والتي شكلت غذاء طيبا لها وقد حلت محل غيب الثعلب الذي تم القضاء عليه ، وهاجمت الخنفساء محصول البطاطس وازداد عددها بكميات مهولة إذ انهار توازن البيئة التي عاشت فيها آلاف السنين ، وصارت الخنفساء تتكاثر بصورة جامحة تنذر بالكارثة ، وخاصة أن الأعداء القدامى لها والذين كانوا يحدون من زيادة أعدادها عن حد معين ، ويعيشون معها في البراري ، لم يحذوا حذو الخنفساء في المجئ إلى حقول البطاطس .

وفي عام ١٨٧٦م انتقلت الخنفساء الأمريكية مع المواد الغذائية إلى أوروبا وأخذت تهاجم حقول البطاطس الأوروبية ، وفي البداية أمكن القضاء عليها بالمبيدات الحشرية . ولكن ظلت هذه الخنفساء تنتشر من حقل لآخر ومن دولة لأخرى حتى صارت خطرا جامحا في أوروبا كلها وهناك أمثلة عديدة على تدخل الإنسان في النظام البيئي مما أدى إلى اختلال التوازن الطبيعي بين عناصره ، ويكفي أن نذكر كارثة غزو الأرناب لأستراليا ، أو الهجوم الضاري الذي شنه نبات الصبار على أستراليا . فقد نقل إليها نبتة واحدة من الصبار في عام ١٨٣٩م . وبعد مرور ثمانين عاما انتشر نبات الصبار وغطى مساحات وصلت إلى ٢٤ مليون هكتار من أراضي أستراليا التي تحولت بعض المناطق فيها إلى أدغال كثيفة من الصبار وتقلصت مساحات واسعة من المراعي تحت زحف نبات الصبار . ولم يستطع أي شيء القضاء على هذا النبات لا النار ولا القلع ولا السموم . ولم تفلح في القضاء عليه بسرعة كبيرة إلا عدوه الطبيعي . وهي فراشة صغيرة نقلت إلى هناك من موطنها الأصلي في أوروغواي<sup>(٩)</sup> .

وتؤكد هذه الأمثلة وغيرها على أن النظام البيئي نظام متكامل يؤثر في بعضه البعض مع وجود توازن دقيق من عناصره المختلفة.

فكما يؤثر الإنسان في البيئة ويغير فيها، يتأثر هو أيضا بها ويتكيف معها، فنجد أن سكان المناطق الباردة في أقصى الشمال ذو أجسام تساعد على الاحتفاظ بالدفء إلى أقصى حد.

وتتكيف أجسام الشعوب التي تعيش في المناطق الجبلية العالية لكون الهواء يحتوى على نسبة منخفضة من الأكسجين، مثل سكان صنعاء وغيرها من المدن اليمنية في المرتفعات الوسطى في اليمن، وهى مناطق يرتفع بعضها عن مستوى سطح البحر بنحو ٢٧٠٠ متر، وتحتوى أجسام هؤلاء الناس على كمية كبيرة من الخلايا الحمراء فى الدم وزيادة كمية الهيموجلوبين فيه، كما أن سعة رئاتهم أكبر من سعة رئات قاطنى المناطق الواجهة الغنية بالأكسجين.

ولاحظ العلماء منذ زمن بعيد أن الهواء فى غابات الصنوبر يكون نقيًا جدًا، وأن عدد الأحياء الدقيقة فى غابات أشجار البتولا يكون قليلا غير أنه يزيد بمقدار ١٠ مرات عما فى غابات أشجار الصنوبر. ويرجع نقاوة هواء غابات الصنوبر إلى مواد كيميائية متطايرة - لم تعرف بعد - وتقضى هذه المواد الكيميائية على معظم الكائنات الدقيقة. وكان يستفيد من هذه المواد الكيميائية المتطايرة النباتات والحيوانات والبشر.

وأدت الكائنات الحية على طول التاريخ إلى تقليص الاحتياطيّات الأولية للهواء الجوى من الأومونيا والهيدروجين والميثان وكبريتيد الهيدروجين وثانى أكسيد الكربون. وكان للنباتات الخضراء دور أساسى - من خلال عملية التمثيل الضوئى - فى تقليل ثانى أكسيد الكربون وزيادة الأكسجين الطليق فى الهواء الجوى.

وعلى النقيض من ذلك يعمل الإنسان والحيوان على زيادة نسبة ثانى أكسيد الكربون، وتقليل نسبة الأكسجين فى الهواء الجوى فى أثناء حياتهما وذلك من خلال التنفس إذ يحتوى الهواء الذى يستنشق الإنسان على ٢١ ٪ من حجمه

أكسجين ونحو ٣.٠٠٪ ثاني أكسيد الكربون، أما هواء الزفير فيحتوى على ١٦ ٪ أكسجين بينما تزيد نسبة ثاني أكسيد الكربون إلى حوالى ٤٪.

ويستهلك الإنسان فى ساعة واحدة حوالى ٢٣ لترا من الأكسجين ويضيف للهواء الجوى نحو ٢٠ لترا من غاز ثاني أكسيد الكربون.

وخلال سنة واحدة يبلع الناس من الهواء الجوى حوالى ٦٦٤ مليون مليون ٧٦٣ ألف مليون لتر من الأكسجين. ويضيفون إلى الهواء الجوى نحو ٥٥٩ مليون مليون مليون، ٦٤٠ ألف مليون لتر من غاز ثاني أكسيد الكربون.

وبالطبع فإن كمية الأكسجين التى يستهلكها الناس سنويا فى التنفس هائلة، غير أنها ضئيلة بالمقارنة مع كمية الأكسجين التى تنبعث من النباتات فى أثناء عملية التمثيل الضوئى. وتأتى الكمية الرئيسية من هذا الأكسجين من الأعشاب المائية والكائنات النباتية الدقيقة والتى قد لا ترى بالعين المجردة.

الجدير بالذكر أن كمية الأكسجين المستهلكة سنويا فى حرق الوقود تبلغ ستة آلاف مليون طن، فى حين أن الأكسجين الذى يتنفسه الناس سنويا لا يزيد عن ٧٠٠ مليون طن. وأن النباتات تغذى الهواء الجوى بنحو ٣٥٠ ألف مليون طن من الأكسجين. وتأتى معظم هذه الكمية من النباتات والأعشاب المائية الدقيقة، وليست من الأشجار الضخمة.

فالنباتات والحيوانات تلعب دورا هاما فى إعادة توزيع العناصر الكيميائية فى البيئة. ويكفى الإشارة إلى أن طبقات الفحم الحجري فى العالم هى كربون مدفون فى الأرض، انتزع فى صورة ثاني أكسيد الكربون من الهواء الجوى لعدة قرون حينما كانت طبقات الفحم غابات بازغة الأغصان وتغطى مساحات شاسعة من سطح اليابسة.

وطبقات أحجار الجير مثل جبل المقطم وغيره هى عبارة عن غاز ثاني أكسيد الكربون ذاب من الهواء الجوى فى مياه البحار والمحيطات وترسب مع الكالسيوم فى أجسام الكائنات الحية البحرية أو بالترسيب الكيميائى من ماء البحر

## الألوان إحدى عناصر البيئة الهامة:

تعد الألوان أحد عناصر البيئة التي تؤثر في الإنسان تأثيرا كبيرا. وقد لوحظ تأثير الألوان في الحالات المرضية منذ زمن بعيد نسبيا، فيخفف اللون الأخضر من وطأة الأمراض النفسية، ويهدئ اللون الأزرق السماوى من الأعصاب وكان اللون الأزرق مفضلا لدى قدماء المصريين، وقد استورد المصريون القدماء معادن الكوبالت من إيران وأرمينيا لاستخدامها فى صناعة الزجاج، حيث إن الكوبالت يلون الزجاج باللون الأزرق المفضل لدى المصريين القدماء.

وتزيد الألوان الحمراء والصفراء من التوتر العضلى وتزيد انقباضات القلب، وترفع ضغط الدم، وتزيد إيقاعات التنفس، وتحسن وتزيد النشاط والفاعلية. وإذا وضع الأطفال الحامدون فى مباني يسود فيها اللونان الأحمر والأصفر زاد نشاطهم وتحسن مزاجهم، وزاد وزنهم، وزادت نسبة كرات الدم الحمراء فى أجسامهم.

أما الألوان اللازوردية والزرقاء فتساعد على خفض ضغط الدم، وتبطئ إيقاع القلب والتنفس، وتؤدى إلى سلبية واضحة إلى حد ما وإلى الوهن<sup>(٩)</sup>.

وتتميز البيئة الطبيعية غير الفقيرة بتنوع لوني كبير. وربما كان ذلك أحد الأسباب فى حاجة الإنسان إلى تبديل معين فى الألوان التى يراها ويتعامل معها والذي يساعد على تهدئة الدماغ وإزالة التعب.

ويعد الصوت عاملا هاما فى البيئة. وهناك من يرى أن لغة البشر قد نشأت من خلال محاكاة الأصوات الطبيعية فى البيئة. الناجمة عن الانفعالات الطبيعية للإنسان، وأصوات الحيوان وأصوات مظاهر الطبيعة والأصوات التى تحدثها الأفعال عند وقوعها كصوت الكسر والقطع، وصوت خرير الماء .. إلخ<sup>(١٢)</sup>.

وقد عزا الناس للموسيقى قوة سحرية غامضة. وكان أطباء الإغريق (ربما نقلا أو تعديلا لأفكار الأطباء المصريين القدماء وغيرهم من أطباء حضارة الشرق القديمة) يقسمون أصوات الموسيقى أو الإلحاق من حيث المشاعر التى تولدها إلى أربعة أنواع هى:

١ - ألحان تثير البسالة والشجاعة .

٢ - ألحان تعبر عن الحزن والأسى .

٣ - ألحان تثير الغبطة والسرور .

٤ - ألحان تثير المهابة والانشراح .

وكان يتم علاج بعض الأمراض بالموسيقى والغناء وفقا لهذا التقسيم للموسيقى، منذ الحضارات القديمة .

وثبت فى عصرنا أن الجسم يتقبل الأصوات شأنها شأن الأحاسيس الأخرى بصورة متباينة، ويتولد عنها ردود أفعال مختلفة فى داخل الجسم وبالدرجة الأولى فى الجهاز العصبى المركزى .

وقد نسب أطباء الإغريق وفلاسفتهم الأصوات التى تثير الغبطة والسرور إلى «إيولا» إله الريح عند الإغريق، الذى كانت قيثارته تولد أعذب الأصوات والألحان من خلال تيارات الهواء عند غروب الشمس وشروقها . ولذا جرى تفضيل الأصوات الطبيعية دائما؛ وهذا هو سبب حب الناس للبيئة الطبيعية فى الحقول والبساتين والغابات .

ويثبت الإحصائيات أن العاملين فى الغابات والبساتين وعلى ضفاف الأنهار أو فى البحر يتعرضون بدرجة أقل من أبناء المدن للإصابة بالأمراض العصبية، وأمراض القلب والأوعية الدموية . . إلخ، ذلك أن حفيف أوراق الشجر وأصوات الطيور وتغريدها، وخرير الماء فى الجداول وهدير البحار وأصوات الشلالات . . . إلخ تؤثر بشكل علاجي صحى على الجهاز العصبى ووظائف غدد الإفراز الداخلى .

وعموما فإن الموسيقى التى لها أكبر فعالية من وجهه النظر العلاجية، إنما تحاكي فى أغلب الأحيان أصوات البيئة الطبيعية .

ولا تعرف الأسباب الحقيقية لفعل الألوان وأصوات الموسيقى على صحة الإنسان وعافيته التى أشرنها إليها فى السطور السابقة .

## المجال الكهرومغناطيسى للبيئة والساعات البيولوجية:

للبيئة الطبيعية مجال كهرومغناطيسى معين، وقد نشأ الإنسان والحيوان والنبات في هذا المجال وتأثر الجميع به، فله دور فعال في بعض العمليات البيولوجية في خلايا الكائنات الحية.

وهناك من يعزى المشاعر المتميزة التى نحس بها بقدر كبير أو صغير فى فصل الربيع إلى المجال الكهرومغناطيسى للبيئة الطبيعية. ففى خلال شهرى مارس وأبريل يحدث نشاط معين فى المجالات الكهرومغناطيسية والجاذبية للأرض، ترصده الساعات البيولوجية فى كل الكائنات الحية النباتية والحيوانية، ويؤثر ذلك على الأيض (التمثيل الغذائى) المائى فى جسم الإنسان، حيث إن هدرچين الماء (يكون الماء حوالى ٧٥٪ من وزن جسم الإنسان تقريبا) يبدأ بسرعة متزايدة فى الانتقال إلى البروتين والدهون والكربوهيدرات، ويؤثر ذلك على حالة جسم الإنسان ووظائف أعضائه.

وبين العلماء أن تغير المجال الكهرومغناطيسى للبيئة يؤثر تأثيرا سلبيا على الجهاز العصبى للإنسان، حيث ينعكس ذلك فى صورة أوجاع وآلام فى الظهر والرأس والقلب، والشعور بالتعب والإرهاق، ويقلل الشهية للأكل وعدم استقرارها والشعور بالأرق. . إلى غير ذلك من الأوجاع وأمراض العصر والمدنية.

وتؤثر الأجهزة الكهربائية والميكانيكية واللاسلكية والمواد الصناعية المتنوعة ومواد البناء المستخدمة فى تشييد المباني فى المدن. . . إلخ، تأثيرا فعالا فى المجال الكهرومغناطيسى فى المدن وينعكس ذلك سلبا على الإنسان وصحته. معنى ذلك أن المجال الكهرومغناطيسى فى بيئة المدن هو مجال ملوث ويختلف عن المجال الكهرومغناطيسى للبيئة الطبيعية التى نشأ فيها الإنسان والحيوان والنبات على سطح الأرض.

## وزاد تنوع المواد من تلوث البيئة:

إن العديد من المواد المستخدمة فى حياتنا اليوم هى مواد مصنعة، لم تأخذها من البيئة مباشرة، بل هى من نتائج التقدم العلمى والتكنولوجيا، وحتى استخدام

الحجر والمواد الطينية أصبح متنوعا ذا نطاق واسع خاصة مع ظهور المواد المصنعة مثل الطوب بأنواعه والخرسانة والخزف والمعادن والسبائك، والألياف الصناعية واللدائن وغيرها، وحتى الأغذية أضيفت إليها عشرات المركبات الكيميائية الملونة والحافظة... إلخ.

وعمل الإنسان منذ قديم الزمان على تعديل خواص كثير من المواد الطبيعية مثل تلوين الخشب ودباغة الجلود، وتبييض الألياف الصناعية، وصباغة الألياف الطبيعية والصناعية والأصواف... إلخ. وفى نهاية القرن التاسع عشر ظهر الحرير الصناعى المصنوع من السليلوز (الخشب ونفايات القطن... إلخ)، وبدأ إنتاج المطاط على نطاق واسع، ومعظم هذه المواد يتم الحصول عليها بالمعالجة الكيميائية أو الفيزيائية لمواد أولية من البيئة الطبيعية.

ولم تكن المواد المستخدمة فى حياة البشر بهذا التنوع فى الماضى، فقد عرفت البشرية منذ عصور الحجر تسعة عناصر كيميائية هى الذهب والنحاس والحديد والفضة والرصاص والقصدير والزنك والكربون والكبريت، وكان يطلق على هذه العناصر، ما عدا الزنك والكربون، اسم الأحجار السبعة. هذا بالإضافة إلى الصوان وبعض المعادن الملونة والشمعية، والطين والرمل، وملح الطعام (الذى عرفه العرب إبان ازدهار الحضارة العربية الإسلامية فى العصور الوسطى باسم الملح الحلو. أما السكر فكان يسمى الملح الهندى)، وملح البارود (نترات البوتاسيوم)، والخشب وعظام الحيوانات والمواد الغذائية والنباتية التى كان يحصل عليها الإنسان من البيئة الطبيعية.

ويتقدم الإنسان ومرور الزمن زادت المواد المستخدمة فى البيئة وكانت مواد نباتية وحيوانية فى الغالب، وفى تلك الأزمنة لم يحطم الإنسان دورات هجرة العناصر الكيميائية فى البيئة، وكان الناس عندما يأخذون من البيئة مواد يعيدونها بشكل نفايات مختلفة فى نفس المكان تقريبا.

وخلال الثلاثة قرون الأخيرة اكتشف الإنسان عشرات الفلزات، وتغيرت صورة البيئة تغيرا جذريا بتقدم الوسائل التكنولوجية فى الإنتاج والاستهلاك وحرق مواد الطاقة من فحم وبترول لتوفير الاحتياجات المتزايدة للبشر.

وتستخدم الآن على نطاق واسع أنواع متعددة من البوليمرات المصنوعة من المواد العضوية البسيطة بعد إضافات كيميائية متنوعة إليها. وتختلف هذه البوليمرات عن قرياتها المركبات العضوية الطبيعية في كونها تتأكسد ببطء شديد وبصورة غير تامة (أو بتعبير آخر تتحلل هذه البوليمرات ببطء شديد وبصورة غير شاملة). ومعنى ذلك أن البوليمرات والعديد من المواد المصنعة تكون نفايات أكثر ثباتا وأكثر تلويثا للبيئة من المواد العضوية البسيطة.

وقديما عندما كانت المنتجات الزراعية تشكل أساس الإنتاج كان يمكن بسهولة جدا أن تتأكسد (تتحلل) النفايات وتدمرها الكائنات الدقيقة مثل البكتيريا، وتذوب تلك المواد وتحملها المياه الجارية بتركيز أقل. أما في الوقت الحاضر فإن عناصر التحلل في البيئة وهي البكتيريا وغيرها تكاد تقف عاجزة أمام النفايات الصناعية المسممة بالكيماويات، يمكنها تكسير المبيدات الحشرية وتحويلها إلى مواد بسيطة غير ضارة في ظروف بيئية معينة، سوف نتناولها بالتفصيل في الصفحات التالية.

معنى ذلك أن زيادة تنوع المواد الصناعية في البيئة لا يؤدي فقط إلى زيادة هجرة وتشتت العناصر الكيميائية في البيئة، بل ويغير من طابعها تغييرا جذريا.

ونأخذ مثلا لذلك النحاس الذي يستخدم الآن على نطاق واسع في عدد من الصناعات والأغراض، ويوجد النحاس (تبلغ نسبته في القشرة الأرضية نحو ٠,٠٠٨ ٪ بالوزن) في عدد من الأماكن في العالم أهمها وسط أفريقيا (زامبيا) وجبال الإنديز في أمريكا الجنوبية (اسم جبال الإنديز في اللغة الأسبانية يعني النحاس)، ويستخرج النحاس من مناجمه ويوزع إلى مراكز التصنيع والاستهلاك في كل بقاع العالم، وبعد زمن يطول أو يقصر يعود هذا النحاس إلى البيئة في صورة براءة نحاس أو محاليل ومركبات كيميائية... إلخ في جميع أرجاء الأرض. وليس إلى مناجمه الأصلية الذي أخذ منها قبل ذلك، وهذه صورة من تغيير الإنسان للبيئة الطبيعية على مر القرون.

ويرى كثير من المهتمين بشئون البيئة أن الإنسان في تغييره للخواص الكيميائية والفيزيائية للبيئة قد بلغ الخط الأحمر أو كاد، ذلك الخط الذي لا ينبغي تجاوزه.



وقد اكتسبت هذه المشكلة فى الآونة الأخيرة طابعا عالميا، وأهمية دولية، إذ أن التلوث لا يقتصر على منطقة دون غيرها. فالتلوث منتشر فى سواحل أمريكا وأوروبا يتراكم فى بعض مناطق المحيط الأطلنطى مثل بحر بارنتسوف، حيث تمارس الصيد فيه بلدان عديدة.

والغازات السامة التى تنفثها المصانع فى الجو فى دول شمال غرب أوروبا وغيرها تنتقل مع تيارات الهواء إلى مناطق أخرى فى شمال وشمال شرق أوروبا، وتلوث الهواء وقد تسقط فى صورة أمطار حمضية تلوث التربة الزراعية والبحيرات، والمشاكل الفنية لمنع التلوث ذات نمط واحد فى جميع البلدان.

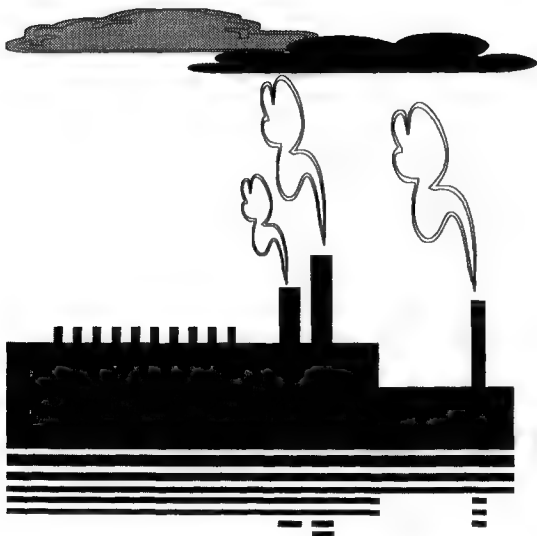
وقد اهتمت كل الدول تقريبا بمشكلة تلوث البيئة، ويتجلى ذلك فى التطور السريع الذى طرأ على نشاط العديد من المنظمات الدولية المعنية بتلوث البيئة، وزاد التعاون بين الدول فى هذا المجال. وتسرى فى الوقت الحاضر مفعول أكثر من ١٤٠ معاهدة واتفاقية دولية. وعقد فى الآونة الأخيرة ٥٠٠ مؤتمر دولى لحماية صحة البيئة، بعضها برعاية برنامج البيئة التابع للأمم المتحدة.





# الفصل الرابع

## تلوث الهواء





يعد تلوث الهواء من أخطر المشكلات التي يواجهها الإنسان في العصر الحاضر، وخاصة في المدن والمناطق الصناعية والعواصم المزدحمة... إلخ.

ويقصد بتلوث الهواء أية تغيرات يحدثها النشاط الإنساني بصورة مباشرة أو غير مباشرة، في الصفات الكيميائية أو الفيزيائية، أو الاثنين معا، والتي من شأنها أن تضر بصحة الإنسان والحيوان والنبات والبيئة بصفة عامة.

وتلوث الهواء ليس مشكلة عصرية طارئة، وإن كانت قد وصلت إلى مستوى خطير في ذلك العصر، فقد تعرض الهواء للتلوث منذ أزمان بعيدة، فتلوث الهواء ظاهرة قديمة.

فالدخان المتصاعد من الحرائق والمواقد، والروائح المتصاعدة من الفضلات المنزلية في أماكن تجمع الإنسان، هذا بالإضافة إلى الغازات المتصاعدة من فوهات البراكين الثائرة أو من النفايات البركانية. كل ذلك كان يضاف إلى الهواء الجوى ويسبب بعض التلوث وإن كان في الغالب بصورة محلية محدودة، وليست بصورة عالمية كما هو حادث الآن.

وقد يجد الباحث في تاريخ الحضارات إشارات تدل على تلوث الهواء هنا أو هناك، وما يصاحبه من انتشار الأوبئة الفتاكة التي كانت تفتاح البشرية من وقت لآخر في كل عصورها.

وأقدم ذكر للأوبئة في التاريخ، وانتقال الأمراض الوبائية بواسطة الهواء، قد جاء في بردية إدوين سميت الطبية الفرعونية والتي دوت في حوالى عام ١٦٠٠ قبل الميلاد. وهى مثل غيرها من البرديات (القراطيس) الطبية الفرعونية، قد نقلت من كتب طبية أقدم منها تعود إلى الألف الثالثة قبل الميلاد (وهو عصر بناء الأهرام - أعظم عصور الفراعنة وأزهارها). وفي هذه البردية العديد من الرقى لطرد الهواء الموبوء<sup>(١٣)</sup>.

وأخذ الإغريق الطب الفرعوني، كما أخذوا غيره من العلوم وعناصر الحضارة الفرعونية، وحضارة حوض الرافدين والهند والصين، فالطب الإغريقي لم ينبت في بلاد الإغريق كما اعتقد الناس أولاً، كما يقول مؤرخ العلم والحضارة الطبيب الفرنسي المشهور جوستاف لوبون<sup>(١٤)</sup>، فأغلب الطب الإغريقي مأخوذ من قدماء المصريين، ومن ذلك مثلاً ما ذكره أحد فلاسفة الإغريق وهو أكرون الأجريجنتي Acron of Agrigentum (الذى عاش في القرن الخامس قبل الميلاد) في مكافحة الأوبئة، حيث أشار بإضرام النار لتنقية الهواء عندما اجتاحت الطاعون أثينا، وهي إشارة إلى انتقال الوباء بالهواء كما اعتقد أطباء الفراعنة قبل ذلك.

وقد تغيرت صورة التلوث التقليدي للهواء منذ القرن الماضي، وخاصة في الدول الصناعية وذلك بعد أن تم تنظيم الصرف الصحي ومعالجة الفضلات، وتغير أسلوب التدفئة والطهي وانخفض التلوث التقليدي بالدخان والروائح المتصاعدة من الفضلات المنزلية في مواقع تجمع الإنسان، وحل محلها تلوث أكثر خطورة ناتج عن الآلات والسيارات والمصانع.

أى أن التلوث، «الحديث» للبيئة هو أحد النواتج السلبية للتطور الصناعى والاستخدام المفرط في مواد الطاقة الصلبة والسائلة والغازية (الفحم والبترول والغازات الطبيعية على التوالي).

#### **الهواء وتلوث الهواء:**

الهواء عبارة عن مخلوط ميكانيكى من عدد من الغازات ويتركز نحو ٩٥٪ من وزن الهواء الجوى في العشرين كيلو مترا التى تعلو سطح الأرض، وبعد هذا الارتفاع ينخفض تركيز الهواء الجوى حتى يتداخل مع الفضاء الخارجى المحيط بالأرض، والذي يبعد بضع مئات من الكيلو مترات فوق سطح الأرض.

ويتكون الهواء الجاف النقى من ٧٨ ٪ نيتروجين، ٩ ، ٢٠ ٪ أكسجين، ٩٤ ، ٠ ٪ أرجون، ٣ ، ٠ ٪ ثانى أكسيد كربون، بالإضافة إلى عدد من الغازات الأخرى كما هو موضح بالجدول (٢).

**جدول (٢)**  
**تركيب الهواء الجوى الجاف فى الاجزاء السفلى من طبقة التروبوسفير**

العنصر الكيميائى أو أكسيده	النسبة المئوية (بالحجم)	الوزن الكلى (بالمليون طن)
<b>أولاً - المكونات الرئيسية:</b>		
التروجين	٧٨,٠٩ %	٣,٨٥٠,٠٠٠
الأكسجين	٢٠,٩٤ %	١١٨,٠٠٠
الأرجون	٠,٩٣ %	٦٥,٠٠٠
ثانى أكسيد الكربون	٠,٠٣٢ %	٢٥,٠٠٠
<b>ثانياً - الغازات الضئيلة:</b>		
الهليوم	٥,٢ جزء فى المليون	٣٧٠
النيون	١,٨ جزء فى المليون	٦٤٠٠
الكريبتون	١,١ جزء فى المليون	١٥٠٠
الزينون	٠,٩ جزء فى المليون	-
الهيدروجين	٥,٠ جزء فى المليون	١٨٠
أكسيد النتروج	٢٥,٠ جزء فى المليون	١٩٠٠
<b>ثالثاً - الغازات النشطة كيميائياً:</b>		
أول أكسيد الكربون	١,٠ جزء فى المليون	٥٠٠
الميثان	١,٣ جزء فى المليون	٣٧٠٠
هيدروكربونات أخرى غير الميثان	٠,٢ جزء فى المليون	-
أكسيد النيتريك	٠,٢ - ٠,٠٢ جزء فى المليون	-
ثانى أكسيد التروجين	٠,٥ - ٠,٠٤ جزء فى المليون	٨
الأمونيا	٠,٦ - ٠,٠٢ جزء فى المليون	-
ثانى أكسيد الكبريت	٠,٣ - ٠,٠١٢ جزء فى المليون	١١
الأوزون	صفر - ٠,٥ جزء فى المليون	٢٠٠

وتظل هذه النسبة فى مكونات الهواء ثابتة إلى ارتفاع عشرات الكيلو مترات فوق سطح الأرض..

ويحتوى الغلاف الجوى أحيانا وفى بعض المناطق على بعض المواد العضوية والغازات الصناعية.. وبعض غازات الغلاف الجوى كالأكسجين والتروجين وثانى أكسيد الكربون تدخل فى دورات خاصة حيث تستخدمها النباتات والحيوانات، ويعود جزء منها ثانية إلى الهواء أو الماء أو تظل فى الصخور. فالكربون فى الفحم قد اشتق من الهواء بواسطة النباتات.

ويكون بخار الماء حوالى ٣٪ من حجم الغلاف الجوى وتتركز أغلب هذه النسبة عند الارتفاع الأقل من ٦٠٠٠ متر، ويتراوح نسبته عادة من صفر إلى ٤٪ حسب ظروف ومناخ المنطقة.

ولبخار الماء أهمية كبيرة، علاوة على أنه مصدر الأمطار، فإنه يمتص قدرا كبيرا من الإشعاعات الشمسية.

أما المواد العالقة فى الهواء فتشمل قطرات الماء، وبلورات الثلج فى السحب، وبلورات الأملاح من رذاذ مياه المحيطات والبحار، وتشمل كذلك الدخان والسناج Soot، وجيوب اللقاح والبكتريا والتراب البركاني والنيزكى والتي تكون عادة فى غاية الدقة بحيث لا ترى إلا تحت المجهر.

ولمعظم المواد العالقة فى الهواء قابلية امتصاص الماء من الهواء مكونة من أمطارا، حيث تكون لها مثل نوى أو مراكز يتكاثف حولها بخار الماء فى مناطق السحب.

ولا تتفاعل مكونات الهواء الرئيسية (التروجين والأكسجين والأرجون) مع بعضها البعض فى الظروف العادية.

كذلك لا يتفاعل الهليوم والنيون والكربتون والزينون والهيدوجين وأكسيد التروز مع بعضها البعض أو مع الأكسجين أو التروجين.



وتعد الغازات النشطة كيميائيا هي التي توجد بوفرة نسبية في أجواء المدن وهي:

- ثاني أكسيد الكبريت .
- أكاسيد النتروجين ( $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ )
- أول أكسيد الكربون .
- بقية الهيدروكربونات غير الميثان .
- الهالوجينات ومركباتها .

وتعد الهالوجينات (الكلور والفلور) ومشتقاتها الحمضية وهي حمض الهيدروكلوريك وحمض الهيدروفلوريك ملوثات محلية إلى حد ما وليست على نطاق واسع . وتوجد هذه الملوثات عادة في أجواء المناطق البركانية النشطة كما هو الحال في وادي العشرة آلاف مدخنة في الاسكا بأمريكا الشمالية، ويقدر ما ينطلق سنويا من حمض الهيدروكلوريك من نافثات العشرة آلاف مدخنة بأكثر من ١٢٥٠٠٠٠ طن، ومن حمض الهيدروفلوريك بأكثر من ٢٠٠٠٠٠ طن .

وظلت تركيزات الغازات النشطة ثابتة في الهواء الجوى مع الزمن وذلك بسبب توازن عوامل إنتاج وتولد هذه الغازات وعوامل تحلل أو تفكك هذه الغازات . وكذلك الحال بالنسبة للغازات التي تسبب تلوثا خطيرا للهواء الجوى . علما بأن معظم هذه الملوثات تتولد بعمليات طبيعية مثل البراكين أكثر من تولدها بفعل النشاط الإنساني كما هو موضح بالجدول (٢) .

(٣) جدول الغازات الملوثة للهواء ومصادر ها ومقايير ها

الكميات المقدرة بالمليون طن		المصادر الطبيعية	المصادر الصناعية	الغاز
مصدر طبيعي	مصدر صناعي			
١٢ - ٦	١٤٦	البراكين	حرق الفحم والبترول وصهر الحامات.	ثاني اكسيد الكبريت $SO_2$
١٠٠ - ٣٠	٣	البراكين + النشاط البكتيري في البرك	الصناعات الكيميائية ومعالجة مياه الصرف الصحي	كبريتيد الهيدروجين $H_2S$
أكثر من ٣٠٠٠	٣٠٠	حرائق الغابات والتفاعل بين الزيوت العطرية والهيدروكربونية المتطايرة	عادم السيارات	أول اكسيد الكربون $CO$
$NO_2$ من ٢٧٠ - ٦٠ طن من	$NO_2$ من ٥٠	النشاط البكتيري في التربة	حرق مواد الطاقة	أكاسيد النتروجين $NO_x$
٢٠٠ - ١٠٠	٤	تحلل المواد العضوية	الغابات	الأمونيا $NH_3$
٤٥٠ - ١٠٠	أكثر من ١٧	النشاط البكتيري في التربة	المخصبات النتروجينية	أكسيد النتروز $N_2O$
$(CH_4)$ ٣٠٠ - ١٦٠٠ ٢٠٠٠ زيت طيارة	٨٨	النشاط العضوي للكائنات الحية	حرق مواد الطاقة	هيدروكربونات
١٥٠٠٠٠	١٥٠٠٠	التحلل العضوي ومن ماء المحيطات	حرق مواد الطاقة	ثاني أكسيد الكربون

وبين هذا الجدول أن كميات كبريتيد الهيدروجين وأكاسيد التروجين المتولدة بالعمليات الطبيعية فى البيئة تزيد بمقدار عشرة مرات عن تلك المتولدة بفعل النشاط الإنسانى .

وتزيد كمية الأمونيا المتولدة بالعمليات الطبيعية مائة مرة عن تلك التى تتكون بفعل النشاط الإنسانى .

وقد يتصور البعض أن كمية ثانى أكسيد الكبريت المضافة إلى الغلاف الجوى والناجمة عن النشاط البشرى أكثر من كمية هذا الغاز الناجمة عن العمليات الطبيعية، وهذا التصور غير صحيح، وذلك بسبب أن غاز كبريتيد الهيدروجين يتأكسد تلقائيا إلى ثانى أكسيد الكبريت، وحيث إن كمية كبريتيد الهيدروجين المضافة إلى الهواء الجوى بالعمليات الطبيعية تزيد كثيرا عن تلك المتولدة بالعمليات الصناعية، ومن ثم فإن قدرا كبيرا من كبريتيد الهيدروجين الطبيعى يتأكسد إلى ثانى أكسيد الكبريت، أى أن كمية ثانى أكسيد الكبريت الناجمة عن العمليات الطبيعية تكون أكثر كثيرا من تلك المتولدة بفعل النشاط الإنسانى . معنى ذلك أن العمليات الطبيعية تؤدى إلى تلوث الهواء الجوى أكثر من النشاط الإنسانى .

#### طبقات الغلاف الجوى:

يقسم الغلاف الجوى حسب التغير فى درجات الحرارة إلى عدد من الطبقات كما يلى :

١ - تروبو سفير Troposphere من سطح الأرض - ١١ كم .

٢ - ستراتوسفير Stratosphere ١١ - ٣٢ كم .

٣ - كيمو سفير Kemosphere ٣٢ - ٨٠ كم .

٤ - أيونوسفير Ionosphere ٨٠ - ٤٠٠ كم .

٥ - ميزوسفير Mesosphere ٤٠٠ - ١٠٠٠ كم .

٦ - أكسوسفير Exosphere ما زاد على ١٠٠٠ كم .

والطبقة الملاصقة للأرض من الغلاف الجوى هي التروبوسفير، وفيها يتركز حوالى ٧٥ ٪ من وزن الهواء كله.

وتنخفض درجة حرارة الهواء الجوى بالارتفاع وذلك بمعدل ٠,٠٠٤ درجة لكل ١٠٠ متر وذلك فى مناطق خطوط العرض المتوسطة. ويستمر هذا المعدل فى التغير فى درجة الحرارة حتى ارتفاع ١٠ - ١٣ كم. بعد ذلك تثبت درجة الحرارة من - ٥١ إلى - ٦٥ درجة حتى ارتفاع ٣٠ كم، ثم تبدأ بعد ذلك فى الارتفاع تدريجياً حتى تصل إلى ١٠٠ درجة مئوية عند ارتفاع ٥٥ كم، ثم تتناقص حتى تصل إلى - ٩٠ درجة مئوية عند ارتفاع ٨٥ كم، ثم تبدأ فى الارتفاع ثانية.

ويتشر التراب وبخار الماء فى الأجزاء السفلى من الهواء الجوى، وتعتمد كمية بخار الماء على درجة الحرارة، فكلما انخفضت درجة الحرارة نقصت كمية بخار الماء فى الهواء الجوى. وعلى ذلك فلا توجد سحب عادية فوق طبقة التروبوسفير، وإذا وجدت تكون بكمية قليلة.

ويعكس الهواء الجوى حوالى ٣٤ ٪ من جملة الطاقة الإشعاعية Radiation والتي تقع على الكرة الأرضية من الشمس، يعكسها إلى الفضاء الخارجى.

وتمتص أبخرة المياه والسحب حوالى ١٩ ٪ من هذه الطاقة، ولا يصل إلى سطح الأرض من الطاقة الشمسية التى تقع على الأرض إلا نحو ٤٧ ٪.

ولولا وجود بخار الماء وثنائى أكسيد الكربون وغاز الأوزون فى الهواء الجوى لانخفضت درجة حرارة الغلاف الجوى عند سطح الأرض حوالى ٢٢ درجة عن درجة حرارته الحالية، ولأصبح الفرق كبيراً بين درجة حرارة الليل والنهار كما هو الحال على سطح القمر.

ويقوم الهواء بدور أساسى فى حماية الأرض من الإشعاعات الكونية Cosmic rays الخطيرة على حياة الإنسان والحيوان والنبات والبيئة بصفة عامة.

### **الدول الصناعية وتلوث البيئة:**

تعد الدول الصناعية، وبخاصة فى النصف الشمالى من الكرة الأرضية الملوث الرئيسى للهواء الجوى حيث تتركز فى هذه الدول أكثر من ٩٠ ٪ من

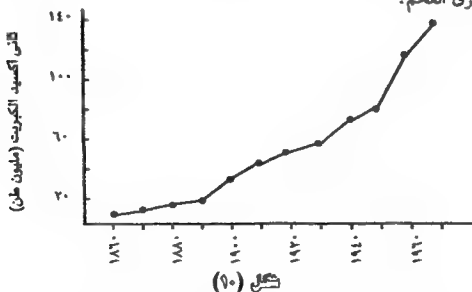
الصناعات العالية المتقدمة، وتستهلك هذه الدول بمصانعها القدر الأكبر من مواد الطاقة والتي ينتج عن حرقها انطلاق كميات كبيرة من الغازات الملوثة للهواء.

وفى الدول الصناعية أيضا (والتي تقع فيما بين خطى عرض ٣٠ شمالا، ٦٠ درجة شمالا) تزيد الملوثات البشرية (الناجمة عن النشاطات الإنسانية) عن الملوثات الناجمة عن العمليات الطبيعية والتي تضاف إلى الهواء الجوى.

وباستثناء البراكين، فإن انبعاث الملوثات الطبيعية لا تتغير تغييرا كبيرا من عام لآخر فى معظم الأحيان.

أما الملوثات البشرية فإنها تزيد باضطراب بزيادة عدد السكان ونشاطاتهم الصناعية.

ويوضح الشكل (١٠) تزايد كمية ثانى أكسيد الكبريت بفعل النشاط الإنسانى منذ منتصف القرن التاسع عشر. وأغلب ثانى أكسيد الكبريت المتدفق إلى الهواء الجوى وفيه ناتج عن صناعات الدول الغربية المتقدمة صناعيا. ففى عام ١٨٦٠م تدفق إلى الهواء الجوى نحو ٥ ملايين طن من ثانى أكسيد الكبريت ناتجة عن حرق الفحم.



زيادة مضطردة فى كمية غاز ثانى أكسيد الكبريت المضافة إلى الهواء الجوى بفعل النشاط الصناعى الغربى منذ منتصف القرن التاسع عشر (عن ستراوس ومينوراخ ١٩٨٤).

وفى السنوات الاخيرة من هذا القرن (العشرين) رادت كميات ثانى أكسيد الكبريت المضافة (المتدفقة) إلى الهواء الجوى عن ١٩٠ مليون طن، منها نحو ١٠٠ مليون طن تولدت عن حرق الفحم (يحتوى الفحم عادة على ٠,٥ إلى ٤ ٪ كبريت) وخمسين مليون طن من تقطير وحرق البترول والباقي ناتج عن معالجة وصهر معادن وخامات النحاس والرصاص والزنك.

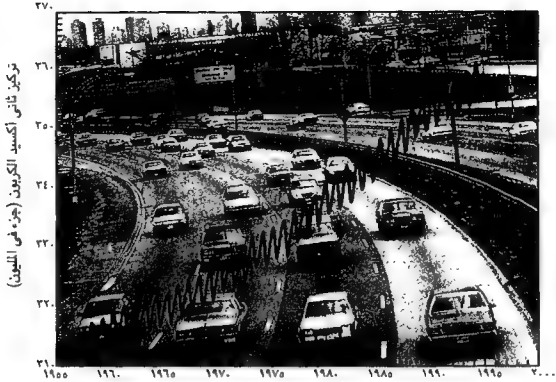
وكما زاد تدفق غاز ثانى أكسيد الكبريت إلى الهواء الجوى بفعل التقدم فى الصناعات، زاد أيضا تدفق الغازات السامة الملوثة للهواء بفعل ذلك التقدم الصناعى.

وعلى المدى البعيد فإن أخطار التلوث لا تقتصر فقط على الغازات النشطة كيميائيا، ولكنها (أخطار التلوث) تأتى أيضا من الغازات الحاملة كيميائيا مثل ثانى أكسيد الكربون، هذا على الرغم من أنه ليس لهذا الغاز نفس الأثر البيولوجى على الأحياء مثل الغازات النشطة كيميائيا.

ويزداد تدفق ثانى أكسيد الكربون الناتج عن النشاط البشرى عاما بعد آخر، ولهذا الغاز دور فعال فى زيادة درجة حرارة الهواء الجوى وما يصاحبها من آثار جانبية عديدة شكل (١١).

ويزداد تركيز الغازات الحاملة الملوثة للهواء الجوى مع الزمن إذا لم تتوافر عوامل استهلاك وتحلل هذه الغازات فى البيئة كما هو الحال بالنسبة لغاز ثانى أكسيد الكربون. فقد تمتص مياه البحار والمحيطات كميات كبيرة من هذا الغاز. ولكنها أقل من الكميات المضافة إلى الهواء الجوى، ومن ثم لا يصل تركيز هذا الغاز إلى حالة توازن إلا إذا توقف تدفق هذا الغاز إلى الهواء لبضعة قرون من الزمان، وهذا أمر يصعب تحقيقه فى الوقت الحاضر، ولا ينطبق مثل هذا الأمر على ملوث آخر مثل مركبات الفلورو كلورو كربون مثلا.

ومركبات الفلورو كلورو كربون هى مشتقات هالوجينية لبعض المركبات العضوية (الايثاتية) ذات الوزن الجزيئى الصغير، وأشهرها الفريون - ١١ (CF<sub>3</sub>CL<sub>3</sub>)، والفريون - ١٢ (CF<sub>2</sub>CL<sub>2</sub>)، ثم الفوران - ١١٤ (CF<sub>2</sub>CL - CF<sub>2</sub>CL).



### شعاع (٥٥)

تزداد نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون في الهواء الجوي للأرض زيادة مطردة بسبب النشاط الصناعي للدول المتقدمة، ويمتص هذا الغاز حرارة الشمس (الأشعة تحت الحمراء) فترتفع درجة حرارة الهواء الجوي (تتذبذب ارتفاع وانخفاض نسبة ثاني أكسيد الكربون في الخط البياني راجع إلى التغير الفصلي في كمية ثاني أكسيد الكربون التي يمتصها النبات من الهواء الجوي) (عن تومبسون وتورك ١٩٩٤).

وأغلب هذه المركبات غازات في درجات الحرارة العادية وتسيل بسهولة تحت الضغط، ومن ثم فهي تستخدم في صناعات متعددة أهمها أجهزة التبريد مثل التلاجات، كما تستعمل كمواد دافعة في عبوات العطور والمبيدات وغيرها، ويقدر العلماء كمية مركبات الكلورو فلورو كربون التي تضاف إلى الهواء الجوى كل عام بأكثر من مليون طن.

وعلى الرغم من زيادة كمية مركبات الكلورو فلورو كربون التي تضاف إلى الهواء الجوى مع الزمن إلا أن تركيز هذه المركبات لا يزيد كثيرا وذلك بسبب تحلل تلك المركبات في طبقة الستراتوسفير في الهواء الجوى ويتج عنها مركبات تتفاعل مع الأوزون. ومن ثم فإنه مع ثبات الكميات المتدفقة إلى الهواء الجوى واستمرار تكسير هذه المركبات في طبقة الستراتوسفير لا يصل تركيز هذه الغازات في الغلاف الجوى إلى درجة عالية كما هو الحال مع ثاني أكسيد الكربون.

ويؤثر النشاط الإنسانى في زيادة كميات بخار الماء والجزيئات *Particulates* الصلبة في الهواء الجوى وبخاصة في المناطق الصناعية.

ويزداد تطاير الجسيمات إلى الهواء الجوى بفعل النشاط الزراعى والصناعى للإنسان، كما قد تتولد تلك الجسيمات في الهواء الجوى بسبب التفاعلات بين الغازات في الهواء الجوى، وتصل كمية الجسيمات المتصاعدة بفعل النشاط البشرى إلى حوالى ١٠ ٪ من مجموع الجسيمات التي تتكون بالعمليات الطبيعية وأكبرها البراكين والنيازك.

وتسبب الجسيمات العالقة في الهواء الجوى أضرارا بالغة للإنسان إذا استنشقها، فبعض تلك الجسيمات تكون محملة بآثار من العناصر الكيميائية السامة أو المركبات الكيميائية المسرطنة مثل الرصاص والكاديوم والزنك وغيرها.

وتعمل الجسيمات العالقة في الهواء الجوى كمراكز ونوى للتفاعلات، كما تساعد على إتمام التفاعلات بين الغازات، وقد تحجب الرؤية وتعيق مرور أشعة الشمس إذا زاد تركيزها في الهواء.



وتتراوح كمية بخار الماء في الهواء الجوى من صفر إلى ٤٪ بالوزن، وينطلق قدر كبير من بخار الماء إلى الهواء من بعض الصناعات مثل محطات توليد الطاقة الكهربائية وقد تسبب إضافة هذا البخار إلى الهواء الجوى فى رفع درجة حرارة الهواء ..

وتصاعد غازات كلوريد الهيدروجين وفلوريد الهيدروجين من صناعات الأسمدة والألومنيوم وغيرها، كما تنطلق من معظم الصناعات الكيميائية غازات ثانى أكسيد الكبريت، وأول أكسيد التروجين، وأول أكسيد الكربون والهيدروكربونات، وكلها ملوثات خطيرة للهواء الجوى كما أنها ترفع من درجة حرارته بمرور الوقت (شكل ١٢).

وتساهم السيارات بنحو ٥٠٪ من الهيدروكربونات وأكاسيد التروجين التى تضاف إلى الهواء الجوى وتلوثه، وبخاصة فى أجواء المدن المزدحمة بالسكان، وتنفث السيارات أيضا حوالى ٩٠٪ من إجمالى أول أكسيد الكربون المضاف إلى الهواء الجوى.

#### مصادر تلوث الهواء:

هناك العديد من النشاطات الإنسانية التى ينتج عنها ويصاحبها تلوث الهواء بما ينطلق منها من غازات وأتربة ومواد كيميائية تضر بصحة الهواء والبيئة، وأهم تلك النشاطات هى:

١ - تكرير البترول.

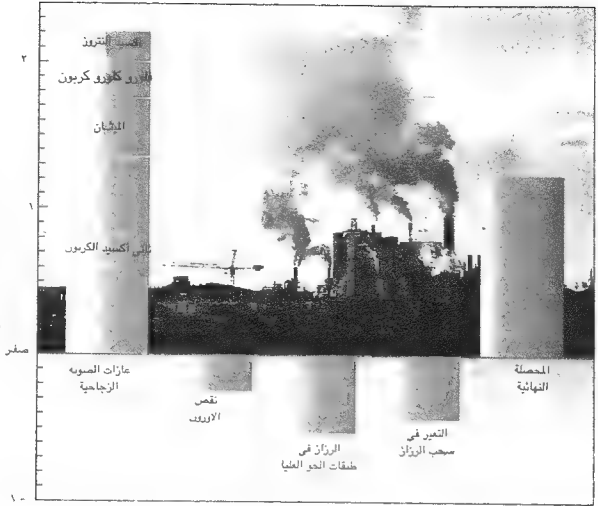
٢ - صهر الخامات المعدنية غير الحديدية.

٣ - صناعة الحديد والصلب.

٤ - الصناعات الكيميائية.

٥ - حرق الوقود الأحفوري (الفحم والبترول)

الإرتفاع أو الانخفاض في درجة حرارة  
الهواء الجوى (وات لكل متر مكعب)



شكل (٧٧)

شكل يوضح ارتفاع درجة حرارة الهواء الجوى للأرض بسبب التلوث بالغازات الصناعية، حيث يمتص ثاني أكسيد الكربون والميثان والكلوروفلور كربون (CFC) وأكاسيد النتروجين حرارة الشمس (الأشعة تحت الحمراء) فتترفع درجة حرارة الهواء الجوى، بينما يؤدي نقص غاز الأوزون وزيادة تركيز الدخان وسحب الرذاذ Cloud Aerosols في طبقات الجو العليا إلى زيادة بياض الغلاف الجوى، ومن ثم يعكس كميات أكبر من أشعة الشمس ويبددها إلى الفضاء الخارجى، ومن ثم تنخفض درجة حرارة الهواء الجوى، والمحصلة النهائية هي زيادة مطردة في درجة حرارة الغلاف الجوى للأرض (عن تومبسون وتورك ١٩٩٤).

## ١. تكرير البترول:

يتكون زيت البترول الخام من مخلوط من الهيدروكربونات السائلة مع بعض الشوائب أهمها الكبريت، الذي تتراوح نسبته في البترول الخام من ١ إلى ٥, ٤٪ أو أكثر، وذلك حسب مصدر هذا البترول والصخور التي تجمع فيها أو انتقل وهاجر خلالها من مواقع تكونه إلى مراكز تجمعه والتي تعرف باسم مصائد البترول والتي توجد عند أعماق بعيدة قد تصل إلى آلاف الأمتار تحت سطح الأرض في الرفوف القارية.

ويستخرج البترول عبر أنابيب تدق إلى مراكز تجمعه في الخزانات (مصائد البترول)، وينقل البترول عبر أنابيب أو شاحنات إلى معامل تكرير البترول (المصافي: المفرد مصفاة)، حيث يتعرض البترول الخام لعدد من العمليات الفيزيائية والكيميائية والتي ينتج عنها العديد من المنتجات البترولية مثل المطاط الصناعي، والألياف الصناعية، والخصبات الزراعية، واللدائن والمستحضرات الدوائية وغيرها.

والعملية الرئيسية في تكرير البترول هي التقطير وفيها يتم الحصول على عدد من المشتقات والتي يستخدم بعضها مباشرة، ويدخل البعض الآخر في عمليات أخرى.

ويتوقف عدد المشتقات ونسبتها في المعالجة الأولية على طبيعة زيت البترول الخام ومصدره، بينما تتوقف نسبة المشتقات النهائية على طريقة المعالجة والمواد الكيميائية المضافة.

وتعتبر المشتقات الخفيفة أهم منتجات عملية التقطير وتستخدم هذه المشتقات كوقود للسيارات والمركبات الأخرى.. ويمكن الحصول على مشتقات بترولية خفيفة من مشتقات ذات كثافة أعلى (ثقيلة) بعمليات كيميائية في درجات حرارة معينة ووجود حوافز خاصة.. أهمها البلاتين.

ويتركز معظم الكبريت الموجود في زيت البترول في المشتقات الثقيلة وهي الأسفلت، والذي يستخدم في تعبيد الطرق، كما يتركز جزء من الكبريت في

المشتقات الأخف من الأسفلت والتي تستخدم كوقود، ثم المشتقات التي تستخدم فى الصناعات البتروكيمياوية. وإنتاج الديزل والكيروسين وزيوت التنظيف... إلخ. وتعالج هذه المشتقات لتفقيتها بقدر الإمكان من آثار الكبريت العالقة بها وفيها حتى لا تحدث تآكل للآلات والماكينات التي تستخدم فى إدارتها تلك المشتقات البترولية

ويتخلف عن عملية التقطير بعض المشتقات البترولية والتي تستخدم عادة كوقود فى الغلايات المستخدمة فى عملية تكرير البترول وغيرها من الصناعات المختلفة، وفى توليد بخار الماء اللازم لتوليد الطاقة الكهربائية وتسيير السفن وغيرها، وهذه المشتقات غنية بالكبريت، ومن ثم فهى ملوثات خطيرة للهواء الجوى. ويمكن تخليص هذه المشتقات من الكبريت من خلال عمليات كيميائية معقدة عالية التكاليف، وهناك عدد قليل من الدول التى تحرص على تخليص هذه المشتقات البترولية من الكبريت حماية لصحة البيئة، وعلى رأسها اليابان.

ويمتاز البترول الخام الخفيف باحتوائه على نسبة عالية من المشتقات الخفيفة والتي تستخدم كوقود للسيارات والطائرات وغيرها، بالإضافة إلى انخفاض محتواه من الكبريت. ومثال ذلك بترول ليبيا ونيجيريا وإندونيسيا وأستراليا وغيرها. ولهذا النوع من البترول سعر مرتفع ويزداد الطلب عليه بالمقارنة مع البترول الثقيل (الذى يحتوى على نسبة عالية من الكبريت).

وهناك أربعة أنواع من المنبعثات البترولية فى الهواء الجوى من خلال عمليات تكرير البترول وهى:

١ - أبخرة الهيدروكربونات التى تنطأير من بعض وحدات تكرير البترول بسبب وجود خلل فى تلك الوحدات أو بعض الصمامات غير المحكمة الغلق أو من أحواض التخزين... إلخ.

٢ - المركبات الكيميائية أو غازات الاحتراق المبددة أو المتطايرة من الغلايات والسخانات المستخدمة فى عمليات التكرير، وتحتوى هذه الغازات على ثانى أكسيد الكبريت الناتج عن أكسدة الكبريت فى البترول الخام أثناء معالجته وتكريره.

٣ - مركبات الكبريت الغازية وأهمها كبريتيد الهيدروجين وثاني أكسيد الكبريت المتطايرة من الوحدات التي تستخدم لإزالة الكبريت من البترول في أثناء تكريره. وفي كثير من معامل تكرير البترول تعالج هذه الغازات في وحدات خاصة وبأجهزة معينة لإنتاج الكبريت النقي أو إنتاج حمض الكبريتيك.

٤ - الدقائق الناعمة التي تتطاير من أفران استعادة أو استخلاص المواد الحافزة التي تستخدم في عمليات تكرير البترول.

#### ٢. صهر الخامات المعدنية غير الحديدية:

يأتى الجزء الأكبر من غاز ثاني أكسيد الكبريت الذى يلوث الهواء، يأتى من أفران تحميص كبريتيدات المعادن غير الحديدية وأهمها معادن النحاس والرصاص والزنك.

وقد تدمرت بالفعل النباتات والغابات القريبة من أفران صهر الخامات في العديد من الدول الأوروبية منذ بداية هذا القرن (القرن العشرين). بسبب الغازات المتصاعدة من تلك الأفران. وقد تنصور مدى خطورة هذه الغازات إذا عرفنا أن خامات النحاس والرصاص والزنك الكبريتيدية تحتوى عادة على شوائب من معادن الزرنيخ والكادميوم والجاليوم وهى عناصر شديدة السمية، وتطاير مركباتها الغازية أو الترابية الناعمة وتلوث الهواء والبيئة حول مسابك أو أفران صهر تلك الخامات.

ومعروف أن أولى خطوات استخلاص الفلزات غير الحديدية من خاماتها هى تحميص تلك الخامات المعدنية فى تيار من الهواء، حيث تتأكسد الكبريتيدات إلى أكاسيد ويتصاعد غاز ثاني أكسيد الكبريت بكميات كبيرة قد تصل إلى ٨٪ من وزن الخامات المحمص.

ويتم معالجة وصهر الأكاسيد الناتجة بعد ذلك فى مسابك خاصة للحصول على الفلزات.

ويمكن توضيح العمليات الكيميائية التى تتم فى أثناء تحميص الخامات المعدنية بالمعادلات الكيميائية التالية:



ثاني أكسيد الكبريت أكسيد الزنك زنك بلند (سفاليريت)



ثاني أكسيد الكبريت أكسيد الرصاص جالينا

وفي حالة الرصاص يتم صهر أكسيد الرصاص الناتج في أفران التحميص، وهي أفران عالية بعد خلطه بالكربون، حيث يتم التفاعل التالي:



وحيث إن معادن الخامات غير الحديدية لا توجد في الطبيعة بصورة نقية، بل تحتوى في معظم الحالات على شوائب معدنية لفلزات عديدة، فإن الفلزات الناتجة تحتوى على عدد من الشوائب الفلزية كالذهب والفضة والحديد والكادميوم والجاليوم والجرمانيوم وغيرها. ومن ثم تخضع تلك الفلزات إلى عمليات كيميائية وتنقية وتكرير.

وفي حالة النحاس حيث يشكل معدن الكلكوپيريت أهم خاماته، فإن أولى خطوات استخلاص النحاس تتم بتحميص هذا المعدن في تيار من الهواء، حيث يتأكسد النحاس وينتج أكسيد النحاس وغاز ثاني أكسيد الكبريت كما في المعادلة التالية:



كلكوپيريت

وقد تصل كمية ثاني أكسيد الكبريت إلى ٨٪ من وزن الخام. ويحتوى المصهور الناتج من الكلكوپيريت على مخلوط من الكبريتيدات وأكاسيد النحاس والحديد بالإضافة إلى بعض الشوائب المعدنية غير المتطايرة. ويتم معالجة هذا المخلوط بطريقة خاصة في فرن عاكس Reverberatory Furnace بعد خلطه بكميات مناسبة من حجر الجير والرمل (السليكا) حيث يتحد حجر الجير والسليكا مع

الحديد والشوائب المعدنية مكونة خبث Slag يطفو فوق سطح مصهور النحاس .  
ويتم صب النحاس المصهور وتبريده ويعرف حينئذ باسم Copper matte .

ويتصاعد غاز ثاني أكسيد الكبريت بكميات كبيرة (من ١ - ٢٪ بالوزن) من الفرن العاكس .

ويتم معالجة قوالب النحاس الناتجة في أفران خاصة بالحرارة في تيار من الهواء حيث يتأكسد الحديد والكبريت الموجود في قوالب النحاس، ثم يضاف الرمل الذي يتحد بعد صهره مع الحديد مكونا خبث . ويتفاعل أكسيد النحاس مع كبريتيد النحاس . ضمن تفاعلات معقدة كثيرة، ويتج في النهاية النحاس ويتصاعد غاز ثاني أكسيد الكبريت كما في المعادلتين التاليتين :



وتحتوى معظم خامات الفلزات غير الحديدية على نسبة من معدن البيريت، وهو معدن شائع في معظم البيئات الجيولوجية . والذي يتأكسد عند تحميصه مع الخامات، ويتج عنه أكسيد الحديد وغاز ثاني أكسيد الكبريت .

وإذا لم يستخدم غاز ثاني أكسيد الكبريت في صناعة حمض الكبريتيك مثلاً، فإنه ينطلق إلى الهواء الجوى ويلوثه .

وهناك بعض العقبات في استغلال غاز ثاني أكسيد الكبريت في صناعة حمض الكبريتيك وصناعة الأسمدة والمخصبات الزراعية . وهى احتواء غاز ثاني أكسيد الكبريت المتصاعد من أفران صهر الخامات المعدنية على شوائب غازية ناتجة عن أكسدة الشوائب المعدنية في الخامات . ومن هذه الشوائب الغازية ثالث أكسيد الزرنيخ ( $\text{As}_2\text{O}_3$ ) وفلوريد الهيدروجين ( $\text{HF}$ ) . وتقوم هذه الشوائب الغازية بتعطيل الحوافز الفلزية المستخدمة في تحويل غاز ثاني أكسيد الكبريت إلى حمض الكبريتيك . ومع ذلك فإنه يتم تحويل غاز ثاني أكسيد الكبريت المتصاعد من أفران صهر الخامات، في مناطق كثيرة، إلى حمض الكبريتيك أو الكبريت السائل

(المصهور). ويتم خلط حمض الكبريتيك بالأمونيا لإنتاج سماد كبريتات الأمونيوم (كبريتات النشادر) أو يتم خلطه بمسحوق الفوسفات لإنتاج سماد السوبر فوسفات. وفي هذه الحالة قد تحتوى الأسمدة الناتجة على شوائب كيميائية قد تلوث التربة الزراعية وتنقل إلى النباتات فالحيوانات فالإنسان... ، وقد تذوب هذه الشوائب في مياه الري والأمطار وتجد طريقها في نهاية المطاف إلى المياه الجوفية فتلوثها.

وفي مناطق أخرى يترك ثاني أكسيد الكبريت ليتدفق إلى الهواء الجوى عبر مداخن عالية قد يصل ارتفاعها إلى ٢٠٠ متر كما هو الحال في منطقة جبل عيسى في كوينزلاند Queensland.

### ٣. صناعة الحديد والصلب:

يصاحب صناعة الحديد والصلب ويتبع عنها تلوث للبيئة بدرجات متفاوتة. وتبدأ أولى خطوات صناعة الحديد والصلب بمعالجة أكسيد الحديد (مثل الهيماتيت) بالكربون في الأفران العالية، حيث يتم التفاعل التالي:



أول أكسيد الكربون حديد زهر هيماتيت

ويستخدم غاز أول أكسيد الكربون الناتج في المرحلة السابقة كوقود في قطاعات أخرى في صناعة الحديد، مثل أفران إعادة تسخين كتل الحديد قبل تشكيلها. ويكون الحديد الناتج في هذه المرحلة، ويسمى الحديد الزهر، محتويًا على حوالي ٤٪ من وزنه كربونًا، بالإضافة إلى شوائب أخرى أهمها المنجنيز والكبريت والفوسفور والسيليكون.

ويعامل الحديد الزهر في أفران خاصة لتخليصه من الشوائب، حيث يسخن هذا الحديد في وجود تيار من الأكسجين ليؤكسد الشوائب، ويتبع في هذه المرحلة صلب يحتوي على أقل من ١٪ من وزنه كربون، بالإضافة إلى آثار من الشوائب ويطلق في هذه المرحلة غازات كثيفة مكونة من تراب ناعم جدًا من أكسيد الحديد البني اللون ويستخدم فحم الكوك في الأفران العالية، ويتم الحصول على فحم



الكوك بمعالجة الفحم فى معوجات خاصة فى درجات حرارة تتراوح من ٧٠٠ إلى ١٠٠ درجة مئوية. وتستطير أثناء ذلك غازات قابلة للاشتعال (أهمها الهيدروجين والميثان وأول أكسيد الكربون)، بالإضافة إلى القطران.

وتستخدم هذه الغازات فى تسخين المعوجات أو للاستخدام المنزلى.

وكثيرا ما يصاحب تحويل الفحم إلى كوك تطاير تراب الفحم والذى يلوث البيئه إذا ما انطلق فيها. هذا بالإضافة إلى أن الفحم المسخن يطش Puenched فى الماء مما يؤدى إلى تكون كمية كبيرة من بخار الماء المحمل بتراب الفحم وبعض المركبات الكيميائية العضوية التى تلوث الهواء إذا ما وجدت طريقها إليه.

### مسابك الفلزات:

المسابك هى مصانع صغيرة توجد عادة فى الأحياء القديمة فى بعض المدن. وفيها يصهر الحديد الزهر ومخلفات الفلزات ويصب المصهور بطرق بدائية - فى قوالب ذات أشكال وأحجام متعددة حسب الطلب.

وتعد المسابك ملوثات خطيرة للبيئة وللغواء بصفة خاصة بسبب ما تقدمه تلك المسابك من أتربة وغازات سامة فى الهواء الجوى.

وللمسابك روائح مميزة منفرة بسبب حرق المواد الراتنجية التى تستعمل فى تثبيت قوالب الصب الرملية. وتتكون هذه المواد الراتنجية اللاحمة من القطران وزيت بذور الكتان والكبروسين، ثم تجفف هذه القوالب فى أفران خاصة ويتصاعد منها عندئذ رائحة حامضية مميزة.

### ٤. الصناعات الكيميائية:

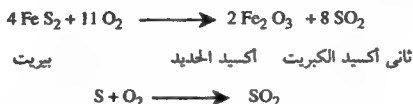
تشمل الصناعات الكيميائية مجالات عديدة من صناعة الأسمدة الكيميائية والأصبغ والبويات وصناعة الغزل والنسيج وصناعة الدائن والمطاط والخيوط الصناعية وغيرها.

وإذا لم تراع الأحياطات الواجبة فإن الصناعات الكيميائية نسب تلوثها خطيرا للبيئة بصفة عامة، وللغواء بصفة خاصة. بما يتولد عنها من غازات

ومركبات كيميائية سامة وروائح كريهة... إلخ والتي تجد طريقها إلى الهواء وتلوثه.

#### ٥. صناعة حمض الكبريتيك:

يستخدم الكبريت النقي أو معدن البيريت ( $FeS_2$ ) في صناعة حمض الكبريتيك. وتبدأ أولى خطوات هذه العملية بتحميص البيريت في الهواء أو بحرق الكبريت النقي حتى يتكون ثاني أكسيد الكبريت:



ويتم إمرار هذا الغاز، الذي تتراوح نسبته في الهواء من ٨ - ١٤٪ من حجم الهواء، فوق مادة مؤكسدة (حافز) في درجة حرارة قدرها ٤٥٠ درجة مئوية، فينتكون ثالث أكسيد الكبريت



ويتم امتصاص ثالث أكسيد الكبريت في حامض كبريتيك مخفف فيتم التفاعل التالي:



ولا يتأكسد كل ثاني أكسيد الكبريت دفعة واحدة، حتى في وجود الحافز الكيميائي، ولكن يتم ذلك في مراحل. ورغم ذلك لا يتأكسد إلا حوالي ٩٦ - ٩٨٪ من ثاني أكسيد الكبريت إلى ثالث أكسيد الكبريت وينطلق الباقي إلى الهواء الجوي.

وفي المصانع الأكثر تقدماً تزيد نسبة ثاني أكسيد الكبريت التي تتحول إلى ثالث أكسيد الكبريت لتصل إلى حوالي ٩٩,٦٪ ومن ثم تقل كمية ثاني أكسيد الكبريت التي تنطلق إلى الهواء الجوي وتلوثه.

## صناعة المخصبات الزراعية:

يستخدم حمض الكبريتيك فى صناعة سماد السوبر فوسفات، حيث يضاف هذا الحمض إلى مسحوق الفوسفات فى أوعية خاصة، ويتم التفاعل بين حمض الكبريتيك وخام الفوسفات ويتصاعد بعض نواتج التفاعل وأهمها فلوريد الهيدروجين وحمض الفلورو سيليسيليك وغيرها وهى ملوثات خطيرة للهواء الجوى.

## الصناعات البتروكيميائية:

تضم صناعة البتروكيماويات آلاف العمليات المختلفة. وتعد هذه الصناعة من أكثر الصناعات الكيميائية تنوعا.

والمواد الداخلة فى هذه الصناعة والناجمة عنها هى مواد كربوهيدراتية، حيث تتفاعل هذه المواد تحت ظروف مختلفة من الضغط ودرجات الحرارة ووجود حوافز كيميائية ليتنتج عن تلك التفاعلات مواد جديدة.

ويصاحب هذه العمليات عادة تسرب بعض المركبات الكيميائية الغازية التى تنطلق فى الهواء وتلوثه.

## المعادن اللافلزية:

تستخدم بعض الخامات والمعادن اللافلزية فى الصناعات المتعددة، مثل حجر الجير فى صناعة الأسمنت والصلصال فى الحرايات والسيراميك، والاسبستوس والرمل فى صناعة الزجاج والأسمنت، ومجروش الصخور فى تعبئة الطرق... إلخ.

وتستخرج أغلب هذه المواد المعدنية من مناجم سطحية أو مفتوحة، ما عدا الفحم، ويتم اقتطاع تلك المواد بواسطة التفجير، ثم يتم طحنها فى مطاحن خاصة وتنقل بعد ذلك إلى مواقع الاستهلاك

وتتم صناعة الأسمنت بحرق حجر الجير والطفلة فى أفران خاصة، وهى عبارة عن أسطوانات يتراوح طول الأسطوانة من ١٨٥ إلى ٣٢٠ مترا ويتراوح

قطرها من ٥ إلى ٧ أمتار. ويتم فى أثناء الحرق التدريجى (من ٣٠٠ إلى ١٤٥٠م) تحلل المواد العضوية وتطايرها. ثم نزع وإزالة الماء من الطفلة، ثم تفكك حجر الجير (كربونات الكالسيوم) إلى أكسيد الكالسيوم وثانى أكسيد الكربون، ثم تفاعل أكسيد الكالسيوم مع أكاسيد السيليكون والألومنيوم والحديد. ثم يبرد المخلوط الناتج ويطحن ويضاف إليه من ٣ إلى ٥٪ جبس (كبريتات كالسيوم) وذلك للتحكم فى عملية تصلب الأسمنت.

وفى جميع مراحل الصناعات التى تستخدم فيها المواد المعدنية اللافلزية السالفة الذكر، من تفجير واقتلاع من المناجم والمجاحر، ثم شحن ونقل الخامات وطحنها... إلخ فإن كميات هائلة من الأتربة والغازات تصاعد منها فى الهواء الجوى، وتحتوى تلك الأتربة على السيليكا وأحيانا تراب الأسبتوس، وتدخل تلك الأتربة فى رئات العاملين فى تلك الصناعات والقاطنين بالقرب منها (مثل حلوان والمعادى فى القاهرة) وتسبب لهم العديد من المتاعب الصحية والأمراض الخطيرة أحيانا، مثل سل النحatischen أو الوقاصين(\*) Silicosis، ومرض الصفرى Asbestosis.

### صناعة الورق:

يتكون الورق من طبقات رقيقة من السيليلوز المضغوطة، ويتم الحصول على تلك الألياف من الأخشاب وتبدأ هذه العمليات بتقطيع الأخشاب إلى شرائح ثم تعالج بالمواد الكيميائية لتحرير وتفكيك الألياف ثم طبع شرائح الأخشاب فى أوان من الصلب تحت ضغط مرتفع فى وجود محاليل قلوية من هيدروكسيد الصوديوم وكبريتيد الصوديوم وغيرها. وتذيب هذه المواد الكيميائية الراتنجات (اللجنين - Lignin) التى تربط الألياف السيليلوز مع بعضها البعض فى الخشب، ويتكون بذلك سائل أسود يحتوى على كميات ضئيلة من كبريتيد الهيدروجين ومركبات كبريتيدية عضوية عديدة أخرى لها رائحة نفاذة قوية جدا.

(\*) الوقاص هو قاطع الأحجار فى لغة أهل اليمن.

ويتم استخلاص المذيبات الكيميائية من السائل المتبقى الأسود بتجفيف ذلك السائل وحرق المواد الصلبة المتبقية في أفران خاصة، حيث يتكون رماد يحتوى على كبريتيد الصوديوم وكربونات الصوديوم. ويتم الحصول على هيدروكسيد الصوديوم بمعالجة تلك المواد بالجير المحروق (هيدروكسيد الكالسيوم) ثم يجفف المحلول بعد ذلك، حيث يتطاير في أثناء التجفيف أبخرة تحتوى على العديد من المركبات العضوية أهمها:

- كبريتيد الهيدروجين

- Methyl mercaptan  $\text{CH}_3\text{HS}$

- Dimethyl mercaptan  $(\text{CH}_3)_2\text{S}$

- Dimethyl disulphide  $(\text{CH}_3)_2\text{S}_2$

وهى غازات ذات روائح كريهة نفاذة، وهى مميزة لصناعة الورق.

#### تجفيف البويات:

تتكون البويات من مواد عضوية. وعند استخدامها فى الأغراض المختلفة فإنها تترك لتجف، وتطاير منها فى أثناء ذلك المذيبات العضوية والتي تضاف إلى الهواء الجوى وتسبب تلوثا واسع النطاق للإنسان والحيوان، كما تساهم هذه المواد العضوية فى حدوث تفاعلات كيميائية بين مكونات الهواء الجوى وملوثاته، فى ضوء الشمس معطية مركبات كيميائية جديدة تسبب ما يعرف باسم شبورة الدخان Smog (اشتق الاسم الإنجليزي لشبورة الدخان وهو Smog من كلمتى Smoke بمعنى دخان، ثم Fog وهو الضباب)

وشبورة الدخان هى إحدى الملوثات الصناعية للهواء الجوى فى كثير من المدن الصناعية وغيرها والتي سنتناولها بالتفصيل فيما بعد

ولذا نحرص بعض الدول على استخدام بويات تدخل فى صناعتها مدياب عضوية قليلة النشاط الكيميائى كما يتم طلاء المعادن وأجسام السيارات وغيرها بالبويات (دوكو) فى أفران خاصة يتم فيها امتصاص المذيبات العضوية و: إذا البويات بطرق خاص حتى لا تتسرب إلى الهواء الجوى وتلوثه.

## الصناعات الغذائية:

يصاحب تصنيع المواد الغذائية انطلاق مركبات كيميائية متنوعة لها آثار ملوثة للبيئة، وبخاصة في حالة الصناعات الكبيرة. ومعظم الغازات المتصاعدة من عمليات الصناعات الغذائية لها روائح غير مقبولة. ويصاحب إعادة تصنيع النفايات العضوية لاستخلاص مواد جديدة منها، يصاحبها تصاعد غازات تلوث الهواء الجوى كما هو الحال في أثناء طبخ المواد العضوية ذات المحتوى العالى من البروتينات لأغراض صناعية كما فى صناعة اللحوم والمعلبات الغذائية. والتى تنطلق منها غازات الامونيا والميثيل أمين، والإيثيل أمين وغيرها وكذلك الدهون. وتستخدم المشتقات الغنية بالبروتين فى تغذية الدواجن، وتستخدم الدهون الصالحة للأكل (والتي يتم الحصول عليها كنتاج جانبى فى صناعة اللحوم) فى صناعة البسكويت وغيرها. أما الدهون غير الصالحة للاستخدام الأدمى فإنها تستخدم فى صناعة الصابون. وتتصاعد خلال هذه العمليات الأمونيا والعديد من الغازات المحتوية على مركبات الكبريت العضوية وغيرها ولها روائح مقذرة وتسبب الغثيان.

## حرق القمامة:

يتم التخلص من القمامة عادة بحرقها فى أطراف المدن أو القرى. وهى وسيلة شائعة للأسف الشديد إذ يسبب حرق القمامة تولد غازات ومركبات كيميائية تسبب تلوثا خطيرا للبيئة، خاصة عندما تتم هذه العملية على نطاق واسع. ومثال ذلك حرق إطارات السيارات القديمة وحرق الكابلات القديمة لفرض استخلاص أسلاك النحاس منها. وحرق المخلفات الزراعية فى الحقول... إلخ وفى جميع هذه الحالات تتصاعد غازات ذات روائح كريهة وتسبب تلوثا خطيرا للهواء الجوى.

وقد منعت دول كثيرة حرق القمامة فى الهواء الطلق، وتستخدم فى هذه الدول أفران أو محارق خاصة، بحيث لا تسبب تلوثا للهواء. وإذا تعذر ذلك تجمع القمامة فى أماكن بعيدة عن العمران ثم تدفن فى حفر خاصة أو فى المحاجر والمتاجم المهجورة ثم يهال عليها التراب، ثم تستخدم تلك المواقع بعد ذلك لأغراض خاصة مثل إقامة جراجات السيارات أو ملاعب... إلخ ولا تصلح تلك

المواقع لإقامة مباني أو منشآت عمرانية عليها ما لم تتخذ تدابير خاصة في إقامة تلك المنشآت.

الجدير بالذكر أن القمامة المستخدمة في ردم البرك والمنخفضات تسبب تلوثا خطيرا للمياه الجوفية وذلك بسبب تسرب مياه الأمطار إلى تلك القمامة وتذيب بعضها من مكوناتها وتعملها معها في رحلتها والتي تنتهي إلى خزانات المياه الجوفية وتلوثها.

والأسلوب المناسب للتخلص من القمامة هو محاولة استخدام مكوناتها بعد فرزها في أغراض مناسبة، فالورق مثلا يعاد عجنه واستخدام العجينة في صناعة أوراق خاصة مثل الكرتون، والمخلفات الزجاجية والمعدنية يعاد تصنيعها ويمكن تحويل المواد العضوية القابلة للتعفن إلى سماد عضوي وهكذا.

### حرق الفحم والبتترول والغازات الطبيعية،

يعد حرق الوقود الأحفوري من أكبر العمليات الملوثة للهواء الجوي. والهدف الرئيسي من حرق تلك المواد هو الحصول على الطاقة الحرارية والضوء سواء بطريقة مباشرة، أو غير مباشرة كما هو الحال في محطات توليد الطاقة الكهربائية بواسطة بخار الماء الذي يستخدم في تشغيل توربينات توليد الكهرباء.

ولعهد قريب كان الخشب هو مادة الوقود الرئيسية، وحتى اليوم لا يزال الخشب يحتفظ بمكانته كمادة وقود رئيسية في أماكن كثيرة في العالم. وينبعث من جراء حرق الخشب غاز أول أكسيد الكربون السام. وبعض الهيدروكربونات والأمونيا وأكاسيد النتروجين، بالإضافة إلى ثاني أكسيد الكربون، ولا يشكل أي من هذه المركبات، باستثناء أول أكسيد الكربون الناتجة عن حرق الخشب تلوثا خطيرا للهواء الجوي كما هو حادث الآن.

وقد حل الفحم محل الخشب كمصدر للطاقة مع بداية عصر البخار، ولا يزال الفحم يشكل مصدر الطاقة الحرارية اللازمة لمعظم محطات توليد الطاقة الكهربائية. وهناك مخزون عالمي من الفحم يكفي احتياجات العالم مئات السنين المقبلة.

ومن عيوب الفحم بالمقارنة مع البترول والغاز الطبيعي هو انخفاض محتواه من الطاقة الحرارية بالنسبة لوحدة الكتلة، كما أن استخراج الفحم من باطن الأرض يصاحبه تلوث البيئة بتراب الفحم. هذا بالإضافة إلى الرماد المتخلف عنه بعد حرقه وكذلك الغازات والسناج الناتج عن الحرق وكلها ملوثات للبيئة.

وهناك أنواع مختلفة من الفحم بعضها منخفض الرتبة ويحتوى على نسبة عالية من المواد المتطايرة ومثال ذلك الخث Peat والفحم البنى أو اللجنيت lignite ثم الفحم القطرانى Bituminous coal والذى يحتوى على قدر قليل من المواد المتطايرة.

وأحسن أنواع الفحم هو الأنثراسيت Anthracite والذى يحتوى على قدر ضئيل من المواد المتطايرة والرطوبة ونسبه عالية من الكربون. ويتميز الأنثراسيت بقيمة حرارية عالية بالمقارنة مع اللجنيت والخث.

ويتكون الفحم من الكربون والهيدروجين، بالإضافة إلى الأكسجين والفوسفور والتروجين وبعض الشوائب المعدنية أهمها الكبريت والفوسفور وأحيانا اليورانيوم.

### **اليورانيوم فى الفحم،**

تحتوى بعض راقات الفحم على تركيزات عالية أحيانا من اليورانيوم كما فى دول أوروبا وآسيا وأمريكا.

وتمتاز رواسب الفحم الحاملة لليورانيوم بأنها منخفضة الرتبة، وأنها من نوع الفحم البنى أو اللجنيت أو النصف قطرانى، ويندر وجود اليورانيوم فى رواسب الفحم عالية التحول القديم. كما توجد معادن اليورانيوم فى حقول الفحم الصغيرة والمتوسطة أكثر من تواجدها فى حقول الفحم العملاقة.

وتتراوح نسبة اليورانيوم فى بعض أنواع الفحم من ٠,٠٠١ إلى ٠,٠٥ ٪ بالوزن، ويصاحبه عادة معادن المولبدنيوم والفاناديوم والجرمانيوم والجالسيوم والعناصر الأرضية النادرة.



وربما ترسب اليورانيوم فى الفحم بعمليات جيولوجية لاحقة من المحاليل المائية السارية تحت سطح الأرض أو أن اليورانيوم كان موجودا فى النباتات التى تكون منها الفحم بعد ذلك.

واستخدام هذا النوع من الفحم (الفحم اليورانيومى) كمادة للوقود يسبب تلوثا إشعاعيا خطيرا للبيئة، هذا بالإضافة إلى أكاسيد الكربون (أول وثانى أكسيد الكربون) وأكاسيد النتروجين والكبريت والفوسفور والعناصر الثقيلة الأخرى، بالإضافة إلى الرماد والسناج الذى يتطاير فى الهواء الجوى ويلوئه.

ويؤدى حرق الفحم، علاوة على الأخطار السابقة، إلى أكسدة نتروجين الهواء الجوى (فى اللهب) وتكون أكسيد النتريك.



ويتحد أكسيد النتريك بالأكسجين فى الهواء الجوى ويتكون ثانى أكسيد النتروجين ( $\text{NO}_2$ )

ويتأكسد الكبريت فى الفحم أثناء حرقه معطيا ثانى أكسيد الكبريت ( $\text{SO}_2$ ) ويتأكسد حوالى ١ - ٣ ٪ من ثانى أكسيد الكبريت إلى ثالث أكسيد الكبريت



ويذوب ثالث أكسيد الكبريت فى بحار الماء ليعطى حمضا قويا هو حمض الكبريتيك والذى يظل معلقا فى الهواء الجوى على هيئة رذاذ دقيق تنقله الرياح من مكان لآخر. وقد يتحد جزء من رذاذ حمض الكبريتيك مع بعض المركبات القلوية فى الهواء الجوى مثل النشادر، ويتنتج عن ذلك تكون كبريتات النشادر

وعندما يكون الجو صافيا ولا توجد فرصة لسقوط الأمطار فإن رذاذ حمض الكبريتيك ودقائق كبريتات النشادر يقيان مع غيرهما من الدقائق والغازات معلقين فى الهواء الجوى الساكن ويظهرا على هيئة شبورة دخان. كما تساعد أشعة الشمس على إتمام تفاعلات معقدة بين تلك المركبات بعضها مع بعض ويتنتج عنها تكون غازات ومركبات كيميائية تزيد من كثافة الشبورة الدخانية هذه

وعندما تصبح الظروف مناسبة لسقوط أمطار فإن رذاذ حمض الكبريتيك وغيره من المركبات الكيميائية تذوب فى مياه الأمطار وتكسبها طعما حامضيا لأذعا وتعرف حينئذ بالأمطار الحمضية.

#### أجهزة الاحتراق الداخلى:

يتوقف تلوث الهواء الجوى بسبب حرق البترول فى أجهزة الاحتراق الداخلى فى الآلات والمركبات الميكانيكية على حجم (سعة) وعمر وخواص أجهزة الاحتراق الداخلى. وحالة هذه الأجهزة ومدى ضبطها Tuning وكفاءتها، ودرجة حرق البترول فيها (بمعنى هل هو حرق كلى أم جزئى).

وكلما زادت كمية الهواء الداخلة فى الاحتراق انخفضت نسبة أول أكسيد الكربون الناتجة عن حرق البترول وانخفضت أيضا كمية الهيدروكربونات فى عادم السيارات الذى يتدفق إلى الهواء الجوى وفيه.

وعموما تزيد نسبة أول أكسيد الكربون والهيدروكربونات فى عادم السيارات فى بداية تشغيل موتورات تلك السيارات (أى عندما تكون هذه الموتورات باردة).

وتسوقف كمية الملوثات فى عادم السيارات أيضا على سرعة سير هذه السيارات فتزيد نسبة أول أكسيد الكربون والهيدروكربونات فى عادم السيارات عندما تسير تلك السيارات بسرعات بطيئة (كما هو الحال فى داخل المدن المزدحمة).

وتزيد نسبة أكسيد النتروجين المتولدة فى حالة سير السيارة بسرعة كبيرة.

كذلك تختلف نسبته الملوثات فى عادم السيارات بحسب حمولة هذه السيارات. فتزيد كمية الملوثات مع زيادة حمولة السيارة.

والجدول التالى (جدول ٤) يبين متوسط المركبات الكيميائية فى عادم السيارات المضاف إلى الهواء الجوى.

#### جدول (٤)

متوسط المركبات الكيميائية في عادم السيارات مقدرة بالجرام لكل كيلو متر

سيارات الديزل	سيارات البنزين	المركب الكيميائي
٢,٥٧ - ٦٩	٦,٠	أول أكسيد الكربون
٢,٠٧ - ١٤	٥,٩	هيدروكربونات
١,٠٢ - ٦٨	٢,٢	أكاسيد نتروجين
١,٢٨	٢٢	دقائق (هباب)
٠,٤٧	١٧	ثاني أكسيد الكبريت
—	٤٩	رصاص

وبعض الهيدروكربونات مثل البنزو (a) pyrine بيرين Benzo ملوثات خطيرة على صحة الإنسان والحيوان، وتعد من المواد المسرطنة.

ويضيف عادم الطائرات كميات كبيرة من غاز أول أكسيد الكربون وأكاسيد النتروجين، بالإضافة إلى الهباب إلى الهواء الجوي.

ويتضح من الجدول السابق أن المركبات التي تسير بالبنزين تلوث الهواء بأول أكسيد الكربون أكثر مما تفعل سيارات الديزل. كما أنها تلوث الهواء كذلك بالرصاص. ويعود السبب في ذلك إلى احتواء البنزين في حالات كثيرة على بعض مركبات الرصاص المضافة لغرض تحسين صفات البنزين (زيادة رقمه الاوكتيني) ومن ثم زيادة كفاءة محركات السيارات.

وتعتبر مادة رابع إيثيل الرصاص lead tetra ethyl من أهم مركبات الرصاص التي تضيفها بعض الدول إلى البنزين لضبط احتراقه وزيادة كفاءة محركات السيارات.

وعندما يحترق البنزين المحتوى على مركبات الرصاص فى آلات الاحتراق الداخلى. يتأكسد الرصاص الموجود فى مركب رابع إيثيل الرصاص معطيا اكسيد الرصاص ضمن عادم تلك الآلات. وأكسيد الرصاص مادة صلبة غير متطايرة ومن ثم يترسب جزء منه على جدار المحرك الداخلى، وينطلق الجزء الآخر مع عادم المحرك ليلوث الهواء الجوى والبيئة بصفة عامة.

وباستمرار ترسب أكسيد الرصاص على الجدران الداخلية للمحرك تتكون طبقة صلبة خشنة تفسد المحرك وتقلل من كفاءته. ويمكن التخلص من رواسب اكسيد الرصاص على الجدران الداخلية لمحرك السيارة بإضافة مركبات هالوجينية مثل بروميد الإيثيلين إلى البنزين، حيث تتفاعل هذه المركبات مع الرصاص الموجود فى البنزين فى أثناء احتراقه، ويتحول الرصاص بهذا التفاعل إلى بروميد الرصاص وهى مادة متطايرة تخرج بسهولة مع عادم المحرك. ويمنع بذلك ترسب أكسيد الرصاص على الجدران الداخلية للمحركات. ويلاحظ أن مادة بروميد الرصاص هذه (وأمثالها) قد ساهمت بدور فعال فى منع تلوث المحركات، ولكنها ساهمت أيضا وبدور فعال كذلك فى زيادة نسبة الرصاص فى عادم السيارات المتدفق فى الهواء الجوى، والذي يدخل جزء كبير منه فى أجسام البشر وترسب فيها.

وقد تنبّهت كثير من الدول، ومنها مصر، إلى خطوره إضافة مركبات الرصاص إلى البنزين. وذلك بعد أن بينت البحوث العلمية أن مادة بروميد الرصاص المتطايرة مع عادم السيارات فى الهواء الجوى تكون مع الهواء الجوى معلقا دقيقا جدا ويشبه الرذاذ، وأنه يظل معلقا فى الهواء زمنا طويلا وتنقله الرياح من مكان لآخر ويجد طريقه فى نهاية المطاف إلى صدور الإنسان والحيوان ليترسب فيها ويصيبها بالأمراض الخطيرة. وقد أوقفت بعض الدول إضافة مركبات الرصاص إلى البنزين منعا لتلوث البيئة.

ورغم أن كثيرا من الدول قد أوقفت إضافة مركبات الرصاص إلى وقود السيارات. فإن عادم السيارات لا يزال الملوث الأكبر للهواء الجوى بأول أكسيد الكربون والهيدروكربونات كما هو موضح بالجدول التالى (جدول ٥).

جدول (5)

الملوثات الرئيسية للهواء الجوي في عام ١٩٨٢ (مقدرة بالمليون طن)<sup>(١)</sup>

أكاسيد التتروجين	الهيدرو كربونات	أكاسيد الكبريت	الدقائق الصلبة	أول أكسيد الكربون	مصادر التلوث
٧,٣	١٥,١	٠,٧	١,١	٥١,١	المركبات الميكانيكية
٩,١	٠,٦	٢٢,٢	٨,١	١,٧	حرق مواد الطاقة
٠,٢	٤,٢	٦,٦	٦,٨	٨,٨	الصناعات
٠,٥	١,٥	٠,١	١	٧,١	حرق النفايات الصلبة
١,١	٢	—	٦,١	٦,٥	حرائق الغابات
٠,٣	١,٥	—	٢,٢	٧,٥	حرق المخلفات الزراعية
٠,٢	٠,٣	٠,٥	٠,٥	١,٣	مصادر أخرى متنوعة
١٨,٧	٢٥,٢	٣٠,١	٢٥,٨	٨٤	المجموع الكلى

الآثار السلبية لتلوث الهواء:

تعد الملوثات الغازية والدقائق التي تضاف إلى الهواء الجوي بسبب النشاط البشرى ضارة بصحة الهواء والبيئة ويزداد ضررها عندما تزيد عن حد معين في تركيزها.

وتأتى خطورة تلك الملوثات في أن كثيرا منها يتراكم في جسم الإنسان مع الزمن، وتتفاعل بعض الملوثات مع بعضها في الهواء وينتج عنها مواد جديدة تزيد من حدة تلوث الهواء. وقد تتفكك بعض الملوثات إلى مواد أقل خطورة أو قد ترسب من الهواء على سطح الأرض تاركة الهواء وشأنه، ولكنها تلوث التربة والماء والنبات وتجدد طريقها في النهاية إلى جسم الإنسان.

ويتفاوت سلوك الملوثات الكيميائية التى تضاف إلى الهواء. فالهيدروكربونات الكلورة والتى تستخدم كمادة دافعة فى صناعة العطور والبيدات الحشرية وغيرها، تظل هذه المركبات دون تغير عندما تنطلق إلى الهواء وتصبح إحدى مكوناته.

أما الملوثات الأكثر نشاطا فلها عمر قصير نسبيا ولا تظل ثابتة فى الهواء الجوى، وتزاح من الهواء إما بتفككها إلى مركبات غير ضارة أو ترسب على سطح الأرض. وعندئذ تسبب بشكل فعال فى تلوث الأرض.

ومعظم حالات التلوث الخطيرة تنتج عن اختلاط ملوثين أو أكثر وتفاعل تلك الملوثات مع بعضها البعض. كما تحفز بعض الملوثات ملوثات أخرى ومن ثم فإن الفعل النهائى لمجموع الملوثات مع بعضها يفوق مجموع أفعال أو تأثيرات الملوثات عندما تكون فرادى.

#### **التلوث بغاز ثانى أكسيد الكبريت،**

غاز ثانى أكسيد الكبريت هو أهم أكاسيد الكبريت التى تنطلق إلى الهواء الجوى عند حرق الكبريت أو المركبات التى تحتوى على الكبريت. وهو غاز عديم اللون، وغير قابل للاشتعال، ويصبح للهواء الجوى طعم حامضى إذا احتوى على جزء واحد فى المليون من ثانى أكسيد الكبريت، ويصبح للهواء طعم لاذع ورائحة مهيجة إذا وصل تركيز ثانى أكسيد الكبريت فى هذا الهواء إلى ثلاثة أجزاء فى المليون.

ويتأكسد ثانى أكسيد الكبريت فى الهواء الجوى فى وجود أشعة الشمس أو بعض المركبات الكيميائية المناسبة ويتحول إلى ثالث أكسيد الكبريت. ويتحول هذا الغاز إلى حمض الكبريتيك فى وجود الرطوبة. وقد يتفاعل هذا الحمض الذى يوجد فى الهواء على هيئة رذاذ دقيق مع بعض المركبات القلوية مثل النشادر وتتكون كبريتات الأمونيوم والتى سرعان ما ترسب من الهواء. ولا يدوم بقاء ثانى أكسيد الكبريت فى الهواء الجوى غير بضعة أيام. بعدها يتأكسد ويذوب أكسيد الكبريت فى الرطوبة معطيا حمض الكبريتيك كما ذكرنا آنفا. وهذا هو سبب

انخفاض نسبة ثاني أكسيد الكبريت فى الهواء الجوى بالمقارنة مع ما يضاف إلى الهواء من هذا الغاز سنويا بفعل النشاط الإنسانى .

ويقدر العلماء أن النشاط الإنسانى يساهم بنحو ثلث كمية أكاسيد الكبريت الموجودة فى الهواء الجوى . وأن كمية الكبريت التى تضاف إلى الهواء الجوى بفعل النشاط الإنسانى سنويا تصل إلى ٦٦ مليون طن (١٣٢ مليون طن من ثاني أكسيد الكبريت) وتولد هذه الكمية من أكاسيد الكبريت من حرق الفحم والبترول وغيرها (جدول ٦)

### جدول (٦)

**مركبات الكبريت الغازية التى تضاف سنويا إلى الهواء الجوى من المصادر الطبيعية والصناعية (مقدرة بالمليون طن)**

المصدر	كمية الكبريت
حرق الفحم	٤٦
حرق وتكرير البترول	١٣
صهر خامات النحاس	٦
صهر خامات الرصاص والزنك	١,٣
المجموع الكلى بفعل النشاط الإنسانى	٦٦
غاز كبريتيد الهيدروجين المتصاعد من التراب	٦٢
غاز كبريتيد الهيدروجين المتصاعد من البحار	٢٧
رذاذ أملاح الكبريتات من البحار	٤٠
المجموع الكلى للكبريت الناتج من العمليات الطبيعية	١٢٩
المجموع الكلى (الصناعى والطبيعى)	١٩٥

والمصادر الطبيعية لغازات الكبريت التي تضاف إلى الهواء الجوى هي التفاعلات الحيوية (البكتيرية) فى التربة ومياه الصرف الصحى والبرك والمستنقعات.

ولغازات الكبريت فعل هدام على المباني والمنشآت وال تربيات الزراعية والنباتات والغابات والبحيرات وذلك بتكوينها للأمطار الحمضية، والتي تؤدى إلى تآكل المنشآت المعدنية، وبخاصة الحديد والصلب والزنك. ويظهر الأثر الهدام لتلك الملوثات فى البيئات الرطبة الدافئة، حيث تساعد درجات الحرارة المرتفعة على ذوبان أكاسيد الكبريت فى رطوبة الهواء مكونة حمض الكبريتيك وحمض الكبريتوز. وتؤثر هذه المركبات الكيميائية على المنسوجات القطنية والنايلون والجلود والورق وغيرها. كذلك تتأثر البويات بغازات الكبريت فتتلف لمعتها ويتبدد بريقها وقد تفقد هذه البويات ألوانها أو تصاب بالشحوب.

وتتأثر النباتات بغازات الكبريت حتى لو وجدت هذه الغازات بتركيزات منخفضة جدا (أقل من ٠.٣ جزء فى المليون لثانى أكسيد الكبريت، أما التركيزات العالية من ثانى أكسيد الكبريت فى الهواء الجوى فإنها تثلث النباتات وتسبب أوراقها بالعطب والحروق وتصبح الأوراق صفراء أو بنية اللون بسبب هلاك الكلوروفيل.

ويسبب غاز ثانى أكسيد الكبريت ورذاذ حمض الكبريتيك فى الهواء الجوى متاعب صحية عديدة للإنسان والحيوان، وخاصة فى الجهاز التنفسى. وتصاب النباتات بالتسمم بفعل رذاذ حمض الكبريتيك.

ولا يعرف على وجه الدقة آلية الفعل التدميرى لغاز ثانى أكسيد الكبريت على النباتات، حينما تمتص أوراق النباتات غاز ثانى أكسيد الكبريت. فإن هذه الغاز يتأكسد فى داخل أنسجة النبات ويتج عن ذلك فى النهاية حمض الكبريتيك أو أملاح الكبريتات. ويعزى الفعل التدميرى لغاز ثانى أكسيد الكبريت فى داخل أنسجة النباتات إلى الصفات المؤكسدة والمختزلة لهذا الغاز، وليس بفعل حمض الكبريتيك الذى يتكون فى داخل الأنسجة.



وتتآكل المنشآت الحجرية المشيدة من أحجار الجير أو الرخام فى وجود غاز ثانى أكسيد الكبريت، وبخاصة فى المناطق الدافئة الرطبة.

### **التلوث بغاز كبريتيد الهيدروجين:**

كبريتيد الهيدروجين غاز سام عديم اللون ذو رائحة مميزة تشبه رائحة البيض الفاسد.

ويتكون هذا الغاز بصفة رئيسية بتحلل المواد العضوية النباتية والحيوانية بفعل البكتريا فى المستنقعات والبيئات البحرية الضحلة. كما يتصاعد أيضا من العيون الكبريتية وفوهات البراكين، ومناجم الفحم، وشبكات الصرف الصحى وغيرها.

وينبعث من المحيطات نحو ٣٠ مليون طن سنويا من غاز كبريتيد الهيدروجين، وما بين ٦٠ إلى ٨٠ مليون طن من هذا الغاز تنطلق سنويا من سطح الأرض لتضاف إلى الهواء الجوى. ولا تزيد كمية غاز كبريتيد الهيدروجين المنبعثة من النشاطات الصناعية عن ثلاثة ملايين طن سنويا وتأتى هذه الكمية من حرق مواد الطاقة التى تحتوى على الكبريت.

ويتأكسد جزء كبير من كبريتيد الهيدروجين فى الهواء الجوى إلى ثانى أكسيد الكبريت.

وتصاب النباتات التى تتعرض لغاز كبريتيد الهيدروجين إلى عطب الأوراق وتساقطها وتعطيل نمو النباتات.

والتركيزات المنخفضة من غاز كبريتيد الهيدروجين تصيب الإنسان بالصداع والإعياء ثم الانهيار والإغماء ثم الموت.

وتلتهمب الأغشية المخاطية للإنسان إذا استنشق هواء يحتوى على ١٥٠ جزء فى المليون غاز كبريتيد الهيدروجين.

وإذا تعرض الإنسان لهواء يحتوى على ٥٠٠ جزء فى المليون من غاز كبريتيد الهيدروجين فإنه يصاب بالتهاب رئوى ومفص قولونى واستطلاق البطن.

والجرعة القاتلة من غاز كبريتيد الهيدروجين هي ٧٠٠ إلى ٩٠٠ جزء في المليون، إذ ينتقل هذا الغاز من خلال الحويصلات الهوائية في الرئة إلى مجرى الدم. وتحدث الوفاة في غضون عدد قليل من الثواني. وحتى بعد شهيق واحد أو اثنين. وقد تحدث الوفاة بالاختناق.

### **التلوث بغاز أول أكسيد الكربون:**

أول أكسيد الكربون غاز عديم اللون والطعم والرائحة، ومن هنا تأتي خطورته، حيث لا يتنبه الإنسان إلى وجود هذا الغاز، ومن ثم يصعب تجنب التعرض له واستشاقه.

ويتولد غاز أول أكسيد الكربون عند حرق المواد الكربونية حرقاً غير مكتملاً أو في وجود كمية محدودة من الأكسجين.

وتتولد كمية كبيرة من غاز أول أكسيد الكربون، تقدر بنحو ٢٥٠ مليون طن سنوياً، تضاف إلى الهواء الجوي. كما يتولد هذا الغاز بفعل العمليات البيولوجية التي لا يعرف عنها شيء كثيراً. وتتصاعد نحو عشرة ملايين طن من هذا الغاز من المحيطات.

ولا توجد تقديرات دقيقة لمتوسط تركيز غاز أول أكسيد الكربون في الهواء الجوي. وبعض التقديرات تشير إلى أن متوسط تركيز هذا الغاز تقترب من ١, ٠ جزء في المليون.

ويتأكسد أول أكسيد الكربون إلى ثاني أكسيد الكربون ولكن بمعدل وسرعة بطيئة جداً. وقد بينت بعض الدراسات أن مخلوطاً من أول أكسيد الكربون والأكسجين ظل ثابتاً لسنوات عديدة رغم تعرضه لضوء الشمس.

ولا تزيد فترة بقاء غاز أول أكسيد الكربون في الهواء الجوي عن بضعة أشهر، مما يعني أن هناك عوامل تزيد هذا الغاز من الغلاف الجوي بصفة مستمرة فقد يتأكسد هذا الغاز في وجود حافز معين أو تمتصه بعض الكائنات الحية النباتية أو الحيوانية، أو قد يشارك في التفاعلات الكيميائية الضوئية في الغلاف الجوي.

وقد بينت بعض الدراسات العلمية أن التريبات قد تمتص غاز أول أكسيد الكربون وقد يعزى ذلك إلى نشاط الكائنات العضوية الدقيقة فى هذه التريبات.

### الأثر الفسيولوجى لأول أكسيد الكربون:

أول أكسيد الكربون غاز سام، ويزيد من خطورته أنه لا رائحة له تنذر بوجوده.

وهو يتحد مع هيموجلوبين الدم مكونا مركبا ثابتا يعرف باسم كربوكسى هيموجلوبين، وهذا المركب لا يتفكك بتأثير التفاعلات الحيوية فى الجسم، بعكس المركب الذى يتكون بالتحاد الأكسجين مع الهيموجلوبين والذى يعرف باسم أوكسى هيموجلوبين. وباتحاد أول أكسيد الكربون مع الهيموجلوبين تضيق قابلية الدم لحمل الأكسجين وتوزيعه على خلايا الجسم.

وللهيموجلوبين قابلية أكبر للاتحاد مع غاز أول أكسيد الكربون من قابليته للاتحاد مع الأكسجين.

وإذا تواجد الإنسان فى بيئة غنية بأول أكسيد الكربون والأكسجين معاً، تكون فى دمه كلا المركبين الأكسيهيموجلوبين، والكربوكسيهيموجلوبين. وتكون النسبة بينهما كما يلى:

$$\text{كربوكسيهيموجلوبين} = \frac{\text{حجم أول أكسيد الكربون} \%}{\text{حجم الأكسجين} \%} \times \text{م}$$

والمقدار (م) هو ثابت يعتمد على نوع الكائن الحى وتتراوح قيمة هذا الثابت بالنسبة للإنسان من ٢٠٠ إلى ٣٠٠ ونصف ذلك للأرنب.

وحيث إن الأكسجين يكون حوالى ٢١٪ من حجم الهواء الجوى، ومن ثم فإن نسبة الكربوكسيهيموجلوبين إلى الأكسيهيموجلوبين فى دم الإنسان تساوى ١٠٠١ من تركيز غاز أول أكسيد الكربون فى الهواء الجوى مقدرة بالجزء فى المليون. وتصل هذه النسبة إلى قيمتها هذه بعد عدة ساعات من تواجد الإنسان فى الهواء الذى يحتوى على أول أكسيد الكربون.

ويؤدى اتحاد أول أكسيد الكربون بهيموجلوبين الدم إلى تقليل كمية الأكسجين التى تصل إلى خلايا الجسم، كما يقلل من تفكك الأوكسيهيموجلوبين إلى الهيموجلوبين والأكسجين ويتج عن ذلك إصابه الجسم بالأنوكسيا anoxia أو نقص الأكسجين فى الأنسجة حتى لو حمل الدم كميات كبيرة من الأكسجين إلى داخل الجسم.

كذلك يضعف أول أكسيد الكربون من وظائف الخلايا بمنع عمليات الأكسدة وغيرها من العمليات البيولوجية فى تلك الخلايا.

وفيما يلى الأعراض المصاحبة لزيادة نسبة

### كربوكسيهيموجلوبين

#### كربوكسيهيموجلوبين + أوكسيهيموجلوبين

صفر - ١, ٠ لا توجد أعراض ظاهرة باستثناء ضعف بعض الوظائف الحيوية

١, ٠ - ٢, ٠ يزداد سرعة التنفس لأقل مجهود يبذل

٢, ٠ - ٣, ٠ صداع

٣, ٠ - ٤, ٠ ضعف العضلات وغثيان ودوار الرأس

٤, ٠ - ٥, ٠ تلثم فى النطق وميل للانهيار

٥, ٠ - ٦, ٠ اضطراب عنيف

٦, ٠ - ٧, ٠ إغماء تام إذا طال أمد التعرض للغاز

٨, ٠ الموت فوراً

وإذا احتوى الهواء على حوالى ٢٥٠ جزء فى المليون غاز أول أكسيد الكربون فإنه يحدث الوفاة إذا استمر الضحية فى استنشاق الهواء المسموم دقائق معلودة.

### علاج التسمم بأول اكسيد الكربون:

ولعلاج المصابين بالتسمم بأول اكسيد الكربون بوضع المصاب فى غرفه مملوءة بالاكسجين بحيث يتراوح ضغط الاكسجين فيها من ٢ إلى ٢,٥ ضغط جوى. ويؤدى استنشاق الاكسجين فى هذه الحالة إلى نزح أول اكسيد الكربون، ويعالج الجسم من حالة نقص الاكسجين فى الأنسجة وذلك بتدفق كمية كبيرة من الاكسجين إلى دم المصاب. فيقوم الجسم بتعديل آلية عمل الهيموجلوبين وهى نقل الاكسجين إلى خلايا الجسم

### التدخين والتسمم بأول أكسيد الكربون:

تصل نسبة الكربوكسيهيموجلوبين فى دم الشخص الذى يدخن علبة سجائر يوميا، ويستشق الدخان، إلى ٥٪ أو أكثر، وقد لا يظهر من جراء ذلك أعراض مرضية ولكن يصاحبها بالتأكيد ضعف فى القدرات الذهنية للمدخن وضعف فى حدة الإبصار وأعراض أخرى.. ولا يعرف كثيرا عن الأضرار التى تصيب الإنسان إذا تعرض لتركيزات منخفضة من أول اكسيد الكربون لمدة طويلة. وتشير بعض الدراسات إلى أن امتصاص الغاز لمدة طويلة يؤدي إلى الإصابه بفقر الدم.

وتشير بعض التقارير إلى زيادة نسبة الوفاة بين المرضى من نزلاء المستشفيات. بأمراض قلبية عند تعرضهم لتركيزات منخفضة من غاز أول اكسيد الكربون بمتوسط ١٠ أجزاء فى المليون. وأن مثل هؤلاء المرضى يعانون من قصور فى بعض الوظائف الحيوية فى أجسامهم إذا وصل تركيز الكربوكسيهيموجلوبين فى دمائهم إلى نحو ٥٪<sup>(١)</sup>.

وفى الوقت الحاضر تقع معظم حوادث التسمم بأول اكسيد الكربون بسبب التعرض لهذا الغاز واستنشاقه فى الجراجات، وغرف التدفيس فى المجارى، ومن تسرب دخان المداخن إلى المناطق المغلقة. . . إلخ. ويبلغ عدد ضحايا التسمم بأول اكسيد الكربون إلى بضع مئات سنويا.

وتكثر الإصابة بسرطان الرئة بصفة عامة بين المدخنين كما يتعرض غير المدخنين، المخالطين للمدخنين (والذين يعرفون بالمدخنين السلبيين) للإصابة بالأمراض القلبية والسرطان من جراء استنشاق الدخان الذى ينفثه المدخنون فى الهواء الجوى.

ولا تتأثر معظم النباتات بالتركيزات المنخفضة من أول أكسيد الكربون، ولكن عند تعرض تلك النباتات لتركيزات عالية (١٠٠ - ١٠٠٠ جزء فى المليون) من أول أكسيد الكربون فإن أوراقها تساقط أو تلتوى وتتجدد، ويصغر حجمها وتصلب قبل اكتمال نموها. . . إلخ.

وتشير بعض الدراسات العملية أن أول أكسيد الكربون الذى يمتصه النبات يعيق التنفس الخلوى فى داخل جسم النبات وذلك بسبب تفاعل هذا الغاز مع الإنزيمات المؤكسدة فى الخلايا النباتية.

#### **التلوث بفلوريد الهيدروجين:**

تعد البراكين النشطة المصدر الرئيسى لفلوريد الهيدروجين الموجود فى الهواء الجوى، هذا بالإضافة إلى كميات ضئيلة نسبيا تنطلق من مصانع الحديد والصلب والالومنيوم وبعض الصناعات الكيميائية. وقمائن حرق الطوب وغيرها.

وللفلوريدات آثار ضارة على النباتات، حيث تحرق أطراف أوراق النباتات، وتعيق نمو النباتات، وتسقط أزهارها وثمارها بكثرة، وتؤدى إلى تكون ثمار صغيرة الحجم خالية من البذور كلية أو جزئيا.

وتتأثر ثمار الخوخ بصفة خاصة بالفلوريدات، حيث تعطى الأشجار ثمارا مبتسرة (قبل أوانها) ذات لب رخو محمر اللون وسطح متشقق.

#### **التلوث بكلوريد الهيدروجين:**

يطلق كلوريد الهيدروجين إلى الهواء الجوى من بعض النفايات البركانية، كما هو الحال فى نفايات العشرة آلاف مدخنة فى الاسكا بأمريكا الشمالية. كما

يتسرب هذا الغاز إلى الهواء من بعض الصناعات الكيميائية، وحرق الورق والفحم والبلاستيك والهيدروكربونات المكلورة وغيرها.

ويسبب كلوريد الهيدروجين تشوه أشكال أوراق النباتات، والتركيزات العالية من هذا الغاز تلتف النباتات.

#### **التلوث بالهيدروكربونات:**

الهيدروكربونات هي مركبات كيميائية تتكون من الكربون والهيدروجين. والمركبات الخفيفة منها تكون غازية في درجات الحرارة العادية، مثل الميثان والبروبان والإيثيلين وغيرها، والميثان هو المكون الرئيسى للغاز الطبيعى وهو عديم اللون والرائحة (يضاف إلى الغاز الطبيعى بعض المواد ذات الرائحة مثل مركبات الكبريت حتى يمكن التعرف عليه من رائحته).

وتتبعث الهيدروكربونات إلى الهواء الجوى من مصادر متعددة أهمها تحلل المواد العضوية بفعل النشاط البكتيرى، وحرق الغاز الطبيعى والبتترول ومصانع تكرير البترول وغيرها.

ويسبب الإيثيلين إصفرار أوراق النباتات ونخرها، وإصابة البراعم الزهرية بالشحوب الـيـخضـورى Chlorosis. ويعيق نمو أطراف النباتات ويقتصر المسافة بين العقد فى سيقان النباتات ويزيد من نحافتها، ويهبط من نمو النباتات بصفة عامة.

وإذا استنشق الإنسان هيدروكربونات غازية أصيبت أغشيته المخاطية بالالتهاب والاحتقان وتدمع عيناه. وقد أصيبت حيوانات التجارب التى تعرضت للهيدروكربونات، أصيبت بسرطان الرئة.

#### **التلوث بالأمونيا:**

تتكون الأمونيا (النشادر) عندما تتحلل المواد المحتوية على النتروجين فى معزل عن الهواء سواء بالحرارة أو البكتريا، وكثيرا ما نلاحظ رائحتها فى بيوت الحيوانات.

والنشادر غاز عديم اللون ذو رائحة مميزة نفاذة وهى منشطة للقلب. ولكنها قد تؤدي إلى الوفاة. والغاز أخف من الهواء، ويمكن إزالته بسهولة، وحرارة تبخير النشادر السائلة أعلى من أى سائل آخر ما عدا الماء، ومن ثم فإنها تستخدم فى التبريد. وهى تذوب بسهولة فى الماء والكحول والإثير. والنشادر مركب نشط كيميائيا. وتتفاعل النشادر الغازية مع كلوريد الهيدروجين معطية سحبا بيضاء تتكون من بلورات صغيرة، وتستخدم فى عمل ستائر الدخان.

ويسبب النشادر فى الهواء الجوى للنباتات أضرارا عديدة، فهو يزيل اللون الأخضر من أوراق النباتات (تبيضها)، ويكون بقعا صдаة على الأوراق والزهور، ويصفر الجذور، ويغير لون الثمار إلى اللون البنى، وتصبح الثمار رخوة.

أما ثمار التفاح فتصاب بأضرار خاصة من جراء غاز النشادر فى الهواء الجوى. حيث تتكون فى الثمار عديسات فلينية غامقة اللون. وتقلل من معدل إنبات البذور بصفة عامة.

### **التلوث بأكاسيد النتروجين:**

هناك عدد من أكاسيد النتروجين، منها أكسيد النتروز ( $N_2O$ ) وهو غاز عديم اللون، ذو رائحة مفرحة، وطعم حلو، وإذا شَم فإنه يحدث شعورا بالتخدير المصحوب بالضحك. ولذا يسمى 'بالغاز المضحك'. إلا أن هناك أكسيدين من هذه الأكاسيد وهما أكسيد النتريك ( $NO$ )، وثانى أكسيد النتروجين ( $NO_2$ ) هما اللذان يتكونان بكميات كبيرة بفعل النشاط البشرى ويضافان إلى الهواء الجوى. كما يتكونان فى الهواء الجوى باتحاد النتروجين بالأكسجين.

ويقدر ما ينطلق من هذين الغازين إلى الهواء الجوى سنويا، بفعل النشاطات البيولوجية، بنحو ألف مليون طن. ويتولد عن حرق مواد الطاقة نحو ٤٨ مليون طن من ثانى أكسيد النتروجين، تضاف هى الأخرى إلى الهواء الجوى سنويا.

هذا بالإضافة إلى نحو ألف مليون طن من غاز النشادر تنطلق سنويا إلى الهواء الجوى بفعل النشاط البيولوجى. وتشكل هذه الكميات من مركبات النتروجين جزءا من دورة النتروجين فى الطبيعة.



ولا يزيد تركيز كل من أكسيد النتروز وثاني أكسيد التريكل في أجواء المناطق الريفية عن بضعة أجزاء في المليون. كما لا يزيد زمن بقاء هذين الغازين في الهواء عن ٣ أو ٤ أيام.

ويزيد تركيز غاز أكسيد النتروز ( $N_2O$ ) وثاني أكسيد النتروجين ( $NO_2$ ) في أجواء المدن بفعل النشاط الصناعي وحرق مواد الطاقة. فتزيد تركيز أكسيد النتروز عن جزء واحد في المليون، ويصل تركيز ثاني أكسيد النتروجين إلى نحو ٠,٥ جزء في المليون في هواء المدن والمناطق الحضرية عموماً. ولهذين الغازين دور مهم في إتمام التفاعلات الكيميائية في الغلاف الجوي وتكوين شبورة الدخان Smog.

ولاكسيد النتروجين دور هدام على الأشياء، وخاصة الصناعية منها مثل الأصباغ، والمنسوجات القطنية، والنايلون، والمعادن .. إلخ.

وتتأثر بعض النباتات بثاني أكسيد النتروجين حيث يتسوق نمو النباتات، وتصاب أوراقها بالتلف. ويتم ذلك إذا تعرضت النباتات لثاني أكسيد النتروجين بتركيز جزء واحد في المليون لمدة يوم واحد، أو لعدة شهور لهواء يحتوي على ٠,٣٥ جزء في المليون من هذا الغاز.

ولا توجد آثار ضارة على صحة الإنسان من التركيزات المنخفضة لأكسيد النتروز في الهواء الجوي. ولكن ترجع خطورة تواجد هذا الغاز في الهواء الجوي إلى احتمال تأكسده إلى ثاني أكسيد النتروجين.

وللهيموجلوبين قابلية مرتفعة للارتباط مع أكسيد النتروز ( $N_2O$ )، وتصل إلى نحو ١٥٠ مرة قدر قابلية اتحاد الهيموجلوبين بأول أكسيد الكربون. ولاغربة في ذلك فأكسيد النتروز يشبه الأكسجين في مسلكه كعامل مؤكسد مع المواد القابلة للاحتراق مثل الفوسفور والكربون. وإذا سخن فإنه يتفكك إلى النتروجين والأكسجين (ويكون الأكسجين ثلث الغاز المنطلق من هذا التفكك، ولذا فإن أكسيد النتروز يساعد على الاحتراق أكثر من الهواء الجوي. فالشظية المشتعلة تنوهج إذا ما أدخلت في قارورة من غاز أكسيد النتروز ولحسن الحظ فإن أكسيد النتروز الجوي لا يجد طريقه إلى دم الإنسان ليتفاعل مع الهيموجلوبين.

ولثاني أكسيد التروجين لون بني قاتم عند درجة ١٤٠ درجة مئوية، ولكن اللون يكاد يختفى تماما عند الدرجات المنخفضة. وإذا أذيب ثاني أكسيد التروجين فى الماء البارد تكون مخلوط من حمض التريك والتروز.

ولثاني أكسيد التروجين رائحة يمكن التعرف عليها حتى لو وجد هذا الغاز فى الهواء الجوى يتركيز منخفض لا يزيد عن ١٢,٠ جزء فى المليون. ولهذا الغاز قابلية مرتفعة لامتصاص الأشعة فوق البنفسجية من الغلاف الجوى ومن ثم يزداد نشاطه الكيميائى ويدخل فى تفاعلات عديدة ينتج عنها تكون شبورة الغاز الضوء كيميائية Photochemical smog .

والتركيزات العالية من ثاني أكسيد التروجين قاتلة للإنسان. فإذا تعرض الإنسان لهواء جوى يحتوى على ١٠٠ جزء فى المليون من هذا الغاز لبضع دقائق هلك الإنسان أو الحيوان على الفور.

ودلت التجارب التى أجريت على الحيوانات مثل القروذ على أن رئاتها وقلوبها وأكبادها وكلياتها تلتف إذا تعرضت تلك الحيوانات لثاني أكسيد التروجين بتركيز يتراوح من ١٥ - ٥٠ جزء فى المليون لمدة ساعتين. ويصاب الإنسان بأمراض فى جهازه التنفسى إذا تعرض لتركيز منخفض جدا من ثاني أكسيد التروجين (نحو ٠,٠٦ جزء فى المليون) لمدة طويلة. مما يعنى أن التلوث هواء المدن بغاز ثاني أكسيد التروجين له آثار خطيرة على صحة الإنسان والحيوان على المدى البعيد.

ويذكر التاريخ بعض الحوادث الناتجة عن تلوث البيئة بغاز ثاني أكسيد التروجين ومنها حريق مستشفى كليفلاند كريل Cleveland's Crile Hospital فى ١٥ مايو سنة ١٩٢٩ والذي نتج عنه تكون كميات كبيرة من هذا الغاز إثر اشتعال النار فى أفلام تصوير خاصة بأجهزة الأشعة السينية تحتوى على مركبات التروجين. وقد مات فى هذا الحادث ١٢٤ شخصا اثر تعرضهم لغاز ثاني أكسيد التروجين.

## الأمطار الحمضية:

الأمطار الحمضية هي أمطار تحتوي على أحماض ذائبة فيها. وكان الكيميائي البريطاني روبرت سميث أول من أشار إليها وكتب عنها في عام ١٨٧٢م وعزاها إلى الرماد والدخان المتصاعدين في الهواء الجوي من مداخن المصانع البريطانية.

وازدادت حدة هذه الظاهرة وخطورتها في النصف الثاني من القرن العشرين بسبب الإفراط في حرق مواد الطاقة من بترول وفحم وغاز طبيعي وما يصاحب ذلك من تدفق كميات هائلة من أكاسيد الكبريت والتروجين إلى الهواء الجوي.

وتلوث أكاسيد الكبريت والتروجين في الماء مكونة أحماض الكبريت والتروجين القوية، وتلوث هذه الأحماض في مياه الأمطار وتسقط معها على سطح الأرض محدثة فيها وبها أضرارا بالغة الخطورة شكل (١٣).

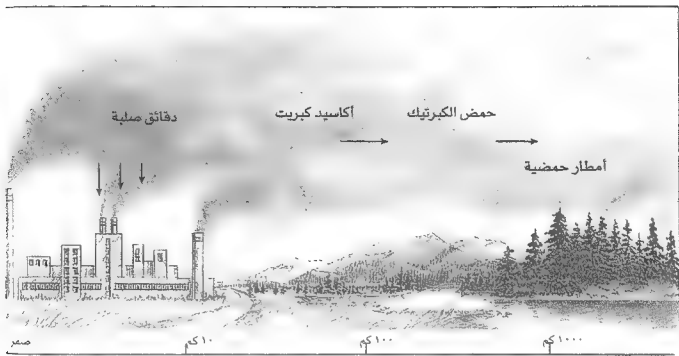
وتزيد الأمطار الحمضية من حموضة التربة الزراعية وتتغير تبعا لذلك الخواص البيولوجية والكيميائية للتربة ويزيد معدل ذوبانية بعض المركبات الكيميائية للعناصر السامة مثل الكاديوم.

وتمتص النباتات التي تنمو في تربة حامضية كميات كبيرة من الكاديوم والتركيزات العالية من هذا العنصر السام تعد خطرا داهما على الإنسان والحيوان الذين يأكلون من تلك النباتات الملوثة بعنصر الكاديوم.

وتهدد الأمطار الحمضية الحياة البشرية والحيوانية المائية كلها، وتدمر الغابات والمحاصيل الزراعية، بالإضافة إلى إتلافها وحتمها للمنشآت الحجرية والحديدية.

وتسبب الأمطار الحمضية مشكلات عديدة في كثير من دول العالم، وبالأخص في شمال شرق أمريكا الشمالية، ودول شمال غرب أوروبا.

وقد لوحظت هذه الظاهرة في السنوات الأخيرة في بعض التريبات الزراعية والبحيرات والأنهار السويدية ولم تكن تلك الحموضة ناجمة عن الغازات المنبعثة من النشاط الصناعي في السويد، وظهر بعد ذلك أن السبب في تلك الأمطار الحمضية هي الغازات الصناعية التي حملتها الرياح من الأجواء البريطانية ووسط



شكل (٥٣)

تتكون الأمطار الحمضية بإضافة أكاسيد الكبريت والنيتروجين إلى الهواء الجوى، وتذوب تلك الغازات في مياه الأمطار مكونة أحماض الكبريت والنيتروجين الفتاكة لتسقط بعد ذلك في صورة أمطار حمضية تحدث أضرارا بالغة بالأحياء والجماد على حد سواء (عن تومبسون وتورك ١٩٩٤).

أوروبا إلى السويد. وقد ساعد على انتشار تلك الغازات ووصولها إلى السويد استخدام الدول الصناعية لمواسير مدائن طويلة حتى تتجنب وقوع تلوث محلي للبيئة.

وقد عانت أيضا من ظاهرة الأمطار الحمضية دول كثيرة فى شمال أوروبا مثل فنلندا والنرويج والنمسا وسويسرا.

وقد أتلفت الأمطار الحمضية مساحات واسعة من الغابات والمحاصيل الزراعية فى كندا. وقد تكونت تلك الأمطار من الغازات الصناعية التى تقذفها المصانع فى الولايات المتحدة الأمريكية فى الهواء الجوى. وتسببت الأمطار الحمضية فى قتل الأسماك والبكتريا والطحالب ودمرت البيئة المائية فى مناطق متعددة فى كندا وأوروبا وغيرها.

ودمرت الأمطار الحمضية ٥٠٠٠ كم<sup>٢</sup> من غابات الارز أو السيلار Cedar فى إقليم كانتو الواقع شمال طوكيو باليابان. وقد حملت الرياح الغازات الصناعية التى كونت الأمطار الحمضية فى سماء اليابان، من مناطق بعيدة مفرقة.

والأمطار الحمضية هى أطار يزيد فيها تركيز أيون الهيدروجين عن تركيزه فى الماء العادى. ويعبر العلماء عن حموضة الماء أو للمحاليل المائية بما يعرف بالرقم الهيدروجينى فالرقم الهيدروجينى للماء المتعال هو سبعة، فإذا زاد هذا الرقم عن ذلك فأصبح ٥, ٧ أو ٨ أو أكثر، كان المحلول قلويا مثل محلول الصودا الكاوية أو محلول كربونات الصوديوم وغيرها.

أما إذا نقص الرقم الهيدروجينى للمحلول عن سبعة، كان المحلول حمضيا، مثل الخل أو عصير الليمون... إلخ

وتفاوتت حموضة الأمطار الحمضية بحسب تركيز أحماض الكبريت والتروجين فيها. وقد يبلغ رقمها الهيدروجينى ٤ أو ٤, ٥ وقد تصل أحيانا إلى ٣، وهو ما يعادل نحو ١٠٠ مليون جرام من حمض الكبريتيك فى لتر من الماء.

### تقرح وتقشر الأحجار الجيرية،

لغاز ثانى أكسيد الكربون دور فعال فى الأمطار الحمضية، حيث يذوب هذا الغاز جزئيا فى مياه الأمطار مكونا حمضا ضعيفا هو حمض الكربونيك .

ولحمض الكربونيك دور فعال فى حت وتآكل حجر الجير (كربونات الكالسيوم) والمنشآت المشيدة به . حيث تذوب هذه الأحجار بمضى الوقت وبخاصة فى البيئات الرطبة الدافئة . تحت تأثير الأمطار الحمضية .

وتذوب كربونات الكالسيوم فى حمض الكربونيك معطية بيكربونات الكالسيوم التى تسرى مع المياه تاركة قروحا وفجوات ذات أشكال متنوعة شكل (١٤)



شكل (١٤)

صورة تبين تقرح أحجار الجير بفعل الرطوبة والأمطار الحمضية فى جزيرة سقطرى اليمنية فى المحيط الهندى (تصوير الدكتور مصطفى سليمان)

وقد تتكون بهذه الطريقة أيضا كهوف عملاقة فى الجبال الجيرية فى كل دول العالم . وتعرف تلك الأحجار حينئذ باسم الصخور الجيرية الكارستية (نسبة إلى منطقة بهذا الاسم فى يوغسلافيا تكثر فيها الكهوف فى أحجار الجير) وبعض الكهوف العميقة تكون مملوءة بالماء الجوفى وتعد مصدرا ممتازا له كما هو الحال فى اليمن وغيرها .

وتحتوى الأحجار الجيرية عادة على نسبة من كربونات المغنسيوم، وتذوب كربونات الكالسيوم وكربونات المغنسيوم فى وجود حمض الكربونيك فى مياه الأمطار، كما تذوب هذه الكربونات فى حمض الكبريتيك وتحول إلى كبريتات الكالسيوم وكبريتات المغنسيوم . وتذوب كبريتات الكالسيوم بقلعة فى الماء، أما كبريتات المغنسيوم فهى سريعة الذوبان فى الماء . وعندما يتبخر الماء من هذه المركبات . فإن كبريتات الكالسيوم وكبريتات المغنسيوم تكون بلورات مميأة Hydrated crystals أكبر حجما من الكربونات الأصلية مما يؤدى إلى زيادة الضغوط فى الشقوق والفجوات التى تتكون فيها هذه البلورات المميأة مما يؤدى إلى تقرح Blistering وتقشر Flaking الصخور الجيرية<sup>(١٥)</sup> .

ويؤدى وجود الغبار والتراب فى البيئة إلى زيادة حت وتآكل الصخور والمنشآت بالأمطار الحمضية وتساعد هذه الدقائق فى أكسدة ثانى أكسيد الكبريت إلى ثالث أكسيد الكبريت، وأكسيده حمض الكبريتوز إلى حمض الكبريتيك الأكثر فعالية ونشاطا فى حت وتآكل المنشآت بالأمطار الحمضية .

ولقد ساعدت البيئة الجافة - لحسن الحظ - فى حفظ وحماية المنشآت الأثرية الفرعونية . وأغلبها مشيد بأحجار الجير مثل الأهرامات وأبى الهول وغيرها، نقول ساعدت البيئة الجافة فى مصر على حفظ تلك الآثار من التآكل والنحت بفعل الأمطار الحامضية .

#### شبهة الدخان Smog،

تعرف شبهة الدخان فى اللغة الإنجليزية باسم (Smog) وهى كلمة مشتقة من كلمة دخان (Smoke) وكلمة ضباب أو شبهة (Fog) . وقد صاغ هذا المصطلح

**لأول مرة الدكتور دى فويكس Dr. H. A. Des Voeux** أحد العلماء البارزين فى مكافحة التدخين فى بريطانيا فى سنة ١٩٠٥م. وذلك لوصف شبورة الدخان أو الضباب الدخاني Smoke - Fog المشهور فى أجواء لندن.

وتعرف شبورة الدخان اللندنية حاليا باسم الضباب الدخاني أو شبورة الدخان التقليدية Classical Smog.

وفى وقت لاحق عرفت شبورة الدخان فى أجواء بعض المدن الأوروبية والأمريكية، ومن أشهرها مدينة لوس أنجليس الأمريكية وهى تختلف عن شبورة الدخان التقليدية فى سماء لندن، ولذا تسمى شبورة دخان لوس أنجليس وغيرها باسم شبورة الدخان الضوء كيميائية Photochemical Smog؛ وذلك بسبب تكون هذه الشبورة بفعل تفاعلات كيميائية فى وجود ضوء الشمس فى الغلاف الجوى.

والجدول (٧) يوضح أهم الصفات المميزة لـ شبورة الدخان التقليدية و شبورة الدخان الضوء كيميائية.

#### **شبورة الدخان التقليدية:**

اشتهرت لندن تاريخيا بأنها مدينة الضباب وذلك بسبب وقوع تكون الضباب فى أجوائها بكثافة عالية وما يصاحبه من وقوع حالات تسمم ووفاة.

ويتكون الضباب من هذا النوع عادة فى المناطق الباردة التى يكثر فيها استخدام الفحم للحصول على الطاقة اللازمة للصناعة أو تدفئة المنازل.

ويتصاعد من احتراق الفحم، بالإضافة إلى ثانى أكسيد الكربون، يتصاعد ثانى أكسيد الكبريت ثم دقائق السناج والرماد التى تتطاير فى الهواء وتظل معلقة فيه، وبخاصة فى الأجواء الساكنة التى يقل فيها هبوب الرياح.

ويسبب الضباب الدخاني حالات وفاة عديدة كما حدث فى الفترة بين الخامس والحادى عشر من شهر ديسمبر سنة ١٩٥٢م، حيث توفى ما بين ٣٥٠٠، ٤٠٠٠ شخص فى لندن وكان أغلب هؤلاء الضحايا من الذين يعانون من أمراض الجهاز التنفسى والقلب من مختلف الأعمار.



**جدول (٧)**  
**الصفات المميزة لشبورة الدخان التقليدية وشبورة الدخان الضوء كيميائية**

الصفة	الشبورة التقليدية	الشبورة الضوء كيميائية
بداية رصدها	لندن	لوس أنجليس
الملوثات الرئيسية	أكاسيد الكبريت والدقائق	الأوزون، أكاسيد التروجين، أول أكسيد الكربون، الهيدروكربونات وغيرها.
مصادر التلوث	غازات حرق مواد الطاقة في المصانع والمنازل	عادم السيارات
أثرها على الإنسان	التهاب واحتقان في الحلق والرئتين	التهاب واحتقان العيون
أثرها الكيميائي	مختزلة	مؤكسدة
ذروة نشاطها	في الصباح الباكر في الشتاء	في حوالي وقت الظهيرة خلال أشهر الصيف

وقد توفي هؤلاء الضحايا بفعل حمض الكبريتيك وحمض الستريك والدقائق الصلبة التي تسلت إلى رئاتهم. وقد تكون حمض الكبريتيك الفتاك بتفاعل ثالث أكسيد الكبريت والماء، وبالمثل تكون حمض الستريك بذوبان ثاني أكسيد التروجين في الماء الموجود في رئات الضحايا.

ويتكون ثالث أكسيد الكبريت في الهواء الجوي بأكسدة ثاني أكسيد الكبريت المتصاعد من حرق الفحم والخشب والبترول والغاز الطبيعي. ويتم هذا التفاعل (الأكسدة بسهولة في وجود مواد حافظة من أيونات الحديد والمغنسيوم والفاناديوم وغيرها، وتوجد مثل هذه الأيونات في الدخان المتطاير من حرق الفحم.

وفي شبورة لندن المشهورة في عام ١٩٥٢م زاد تركيز أكاسيد الكبريت والتروجين في هواء مدينة لندن ووصل إلى ١,٤٦ جزء من المليون يوميا، ووصل تركيز الدخان إلى ٤,٥ مليجرام لكل متر مكعب من الهواء.

ويعتبر - في واقع الأمر - تركيز أكاسيد الكبريت والتروجين السالف الذكر، منخفضا نسبيا فالتركيز الشديد الخطورة من هذه الغازات على صحة الإنسان البالغ يبدأ من خمسة أجزاء في المليون. ويعرف هذا التركيز باسم القيمة المشرفية Threshold Value.

والقيمة المشرفية هذه هي التركيز الذي يبدأ بعده الخطورة الزائدة على صحة الإنسان والحيوان.

وقد بينت الدراسات العلمية أن غاز ثاني أكسيد الكبريت إذا دخل جسم الإنسان مع الهواء الجوي فإنه يصيب الإنسان بعدد من الأمراض منها: التهاب الشعبى الحاد والربو وغيرها.

ويزداد خطر هذه الغازات على المدخنين، حيث إن الدخان يعمل كمادة حافظة وتزيد من خطورة الملوثات على الجسم.

### شبورة الدخان الضوء كيميائية Photochemical Smog

يعرف سكان المناطق الشمالية في مصر شبورة الماء التي تتكون عادة في الصباح الباكر في أيام الشتاء والتي سرعان ما تتبدد بظهور الشمس. ولا تسبب

هذه الشبورة خطرا على صحة البيئة، إذ أنها تتكون من بخار الماء المتكثف جزئيا.

وهناك نوع آخر من الشبورة تتكون من أجواء بعض المدن الصناعية تعرف باسم شبورة الدخان الضوء كيميائية.

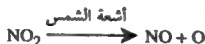
وقد لوحظت شبورة الدخان الضوء كيميائية فى أول الأمر فى سماء مدينة لوس أنجلوس بالولايات المتحدة الأمريكية فى سنة ١٩٤٣م، ثم رصدت هذه الشبورة بعد ذلك فى أجواء مدن عديدة أخرى من بلدان العالم.

ويقصد بالشبورة الدخانية الضوء كيميائية ذلك المخلوط المركب من المركبات الكيميائية التى تتولد بفعل تأثير أشعة الشمس على بعض المركبات الكيميائية المتصاعدة من عادم السيارات ودخان المصانع وغيرها فى الهواء الجوى. وأهمها أكسيد التريك (NO) والهيدروكربونات.

وتساهم فى تكون هذه الشبورة أيضا بعض الملوثات الموجودة فى الهواء الجوى مثل ثانى أكسيد الكبريت والدقائق العالقة فى الهواء. ويزداد تأثير المركبات المتولدة من هذا التفاعل باستمرار التفاعل لآيام متتالية.

ويعتبر الأوزون وأكسيد التريك (NO) وثانى أكسيد التروجين  $NO_2$  وأول أكسيد الكربون أهم مكونات شبورة الدخان الضوء كيميائية.

وتبدأ التفاعلات الكيميائية التى ينتج عنها غازات الشبورة الدخانية بتأثير أشعة الشمس فى ثانى أكسيد التروجين ليتولد من ذلك التفاعل أكسيد التريك والأكسجين الذرى.



أكسجين أكسيد التريك      ثانى أكسيد التروجين

ويتحد الأكسجين الذرى مع جزيئات الأكسجين فى وجود عامل مساعد وليكن التروجين، ويتكون من ذلك غاز الأوزون كما يلى:



ويتفاعل غاز الأوزون مع أكسيد التريك مكونا ثاني أكسيد النتروجين والأكسجين:



ويتفاعل الأكسجين الذرى مع مركبات الهيدروكربونات الموجودة فى الهواء الجوى الملوث، كذلك يتحد الأوزون مع تلك الهيدروكربونات، ويتج عن ذلك سلسلة تفاعل طويلة وعدد من المركبات الجديدة.

واكثر الهيدروكربونات قابلة للتفاعل مع الأوزون وذرات الأكسجين هى الأوليفينات Olefins (وهى هيدروكربونات إيثيلينية تحتوى على رابطة كيميائية مزدوجة). تليها الألدهيدات التى تحتوى على الأكسجين، ثم المركبات العطرية، وأخيرا الهيدروكربونات الأليفاتية المشبعة.

وبعض هذه الهيدروكربونات يتج عن تفاعلها تكون مركبات ضارة بصحة الإنسان والحيوان وخاصة العين التى تصاب بال تورم والالتهاب.

وقد بينت الدراسات البيئية أن هواء المدن المزدحمة بالسيارات والمصانع يحتوى على أكثر من ١٠٠ مركب هيدروكربونى. ويتفاعل على معظم هذه الهيدروكربونات مع بعضها البعض فى وجود الأوزون والأكسجين الذرى وأشعة الشمس ويتج عنها الغازات التى تكون شيرة الدخان الضوء كيميائية

ويتفاعل الأوزون والأكسجين الذرى مع الأوليفينات كما فى المعادلات التالية:



فورمالدهايد ألدهايد



و(R) فى هذه المعادلات يمثل مجموعة ألكيل Alkyl غير محددة. (والألكيل هو شق أليفاتى هيدروكربونى أحادى التكافؤ).

ويتأكسد الألكهيد الناتج ويدخل فى سلسلة تفاعلات جديدة  
ويتفاعل الشقوق المتوسطة  $RCH_2, CH_3$  مع مكونات الغلاف الجوى كما  
يلى:



ويتفاعل الشق النشط  $HO_2$  مع أكسيد التريك كما يلى:



ولمجموعة الهيدروكسيل الناتجة (OH) نشاط كبير فى استمرار التفاعلات  
الخاصة بتولد غازات الشبورة الدخانية الضوء كيميائية

ويتفاعل  $CH_3$  مع مكونات الغلاف الجوى ويتكون بذلك الألكهيد ويتأكسد  
أكسيد التريك (NO) إلى ثانى أكسيد النتروجين ( $NO_2$ ).

وتدخل الشقوق الهيدروكربونية المحتوية على الأكسجين  $HCO, RCO$  فى  
سلسلة تفاعلات كما يلى:

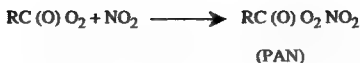


شق البيروكسى أسيتيل

ويعد تكون شق البيروكسى أسيتيل بمثابة الخطوة الأولى لتكون نترات  
البيروكسى أسيتيل Peroxyacetyl nitrate (PAN) التى تصيب العيون بالالتهاب  
والتهيج. وهو مركب قليل وغير ثابت، ورغم ذلك يعد أحد أهم مكونات شبورة  
الغبار الضوء كيميائية.

ويتكون نترات البيروكسى أسيتيل كما يلى:





ويدخل شق البيروكسى أسيتيل فى تفاعلات عديدة منها:



حيث R هى شق طليق ويدخل فى تفاعلات أخرى عديدة منها:



ويدخل المركب RO فى سلسلة تفاعلات أخرى ينتج عنها الالدهيد مع مركبات أخرى عديدة.

ويعد الفورمالدهايد وحمض التروز من المواد الأساسية فى شبرة الدخان.

ويتكون حمض التروز حسب المعادلة التالية:



حمض التروز

ويتفكك حمض التروز بتأثير أشعة الشمس ويتج من ذلك تكون شق الهيدروكسيل:



ويدخل أيون الهيدروكسيل فى عدد كبير من التفاعلات بعد ذلك.

ويسبب التعرض لشبرة الدخان والغازات المكونة لها التهاب واحتقان العيون، وتقرح الحلق والبلعوم وتلف الجهاز التنفسى.

ولشبرة الدخان صفات مؤكسدة قوية، ومن ثم فإنها تؤكسد غاز ثانى أكسيد الكبريت الموجود فى الهواء إلى ثالث أكسيد الكبريت، الذى يذوب فى الماء

معطيا حمض الكبريتيك (ماء النار) والذي يوجد فى هذه الحالة على هيئة رذاذ ضمن الشبورة الغازية. ولهذا الحمض آثار سامة شديدة على صحة الإنسان والحيوان، خصوصا إذا تسلل إلى الجهاز التنفسى.

وبالإضافة إلى خطورة شبورة الدخان على صحة الإنسان والحيوان، فإن هذه الشبورة تقلل من مدى الرؤية؛ وذلك بسبب وجود الدقائق العالقة فى الهواء مثل الدخان ورذاذ السوائل والأملاح وغيرها، والتي تمتص الضوء ومن ثم تقلل الرؤية إلى حد كبير.

ويتوقف استدامة انخفاض الرؤية بسبب الشبورة على مدى استمرار وبقاء الدقائق معلقة فى الهواء، قبل أن تبدها الرياح أو ترسب الدقائق الصلبة (كالعبار) على سطح الأرض.

ويتناسب مدى الرؤية فى وجود شبورة الدخان عكسيا مع تركيز مكونات الشبورة من دقائق صلبة ورذاذ ودخان، فكلما زاد تركيز هذه المكونات فى الهواء الجوى انخفض مدى الرؤية، والعكس صحيح.

وتؤثر الرطوبة فى مدى الرؤية؛ ذلك أن زيادة الرطوبة تزيد من تكون الرذاذ فى الهواء الجوى.

ويقل مجال الرؤية عن ستة كيلومترات فى حالة الهواء الذى تصل فيه الرطوبة إلى ٧٠٪ فإذا زادت الرطوبة عن ٨٠٪ انخفض مجال الرؤية وأصبح أقل من ٣ كم أما إذا وصلت الرطوبة إلى ٩٠٪ انخفض مجال الرؤية عن ٢ كم. ويزيد تلوث الهواء من دور الرطوبة فى تخفيض مجال الرؤية بصفة عامة.

#### **آثار الهواء الملوث على الإنسان والحيوان والنبات:**

يستنشق الإنسان حوالى ٧٥٠٠ لترا من الهواء الجوى يوميا. ومن ثم فإن أية ملوثات فى الهواء الجوى، حتى لو وجدت بكميات ضئيلة جدا، سوف تؤثر فى صحة الإنسان؛ لأنها تدخل فى جسم الإنسان من خلال جهازه التنفسى بصورة مباشرة وتؤثر فيه وبالأخص الأنف والحلق والشعب الهوائية.

وعندما يدخل الهواء من فتحتى الأنف تقوم الشعيرات الدقيقة بترشيح الهواء وحجب معظم المواد العالقة التى يزيد قطرها عن ١٠ ميكرومتر تقريبا. وفى أثناء مرور الهواء عبر فتحتى الأنف ترتفع درجة حرارته ويترطب ويصل إلى الرتين وهو فى حالة مناسبة. ويتنقل الأكسجين والمواد الملوثة العالقة بالهواء إلى الدم عبر الرتين.

وتمتص الأجزاء العليا من الجهاز التنفسى ملوثات الهواء سريعة الذوبان مثل ثانى أكسيد الكبريت. ولهذا السبب يشعر الإنسان بسرعة بالهواء الملوث بالغازات بمجرد دخول الهواء إلى فتحتى الأنف.

أما الدقائق الناعمة التى تتراوح أقطارها من ١,٠ إلى ٥ ميكرومتر (الميكرومتر أو الميكرون هو جزء من المليون من المتر) والغازات الممتصة على أسطحها، فإنه تدخل الرتين وترسب على سطحها الداخلى.

وتأتى خطورة بعض الدقائق الناعمة مثل الغبار المتصاعد من بعض الصناعات كالأسمنت والمحاجر وغيرها، فى أنها تصيب الإنسان بأمراض خطيرة مثل سل النحيتين Silicosis ومرض الصفرى Asbestosis وذلك بسبب احتواء هذا الغبار على الدقائق الصلبة المتطايرة من الأحجار والأسبستوس وغيرها. وتحتوى هذه الدقائق على مكونات معدنية مثل أكسيد السيليكون وأكسيد الكالسيوم والمغنسيوم وغيرها من العناصر الثقيلة.

ويجب العناية بالعاملين فى مجال المحاجر والمناجم والفلزات والمسابك وصناعة الأسمنت والبناء... إلخ؛ لوقايتهم من الإصابة بتلك الأمراض الفتاكة. بالإضافة إلى وقاية الذين يتعرضون لاستنشاق هواء ملوث بالعناصر الثقيلة السامة مثل البريليوم واليورانيوم والرصاص والزرنيخ والزنك وغيرها.

ويجب ألا يتعرض العاملون فى هذه الصناعات لتركيزات عالية من هذه العناصر السامة.

وقد بينت التجارب أن الحيوانات التى تعرضت لأكاسيد التروجين انخفضت مقاومتها الطبيعية للأمراض.



وكما ذكرنا سابقا فإن غاز أول أكسيد الكربون هو غاز سام ويتحد مع هيموجلوبين الدم مكونا مركبا ثابتا يعرف باسم كربوكسى هيموجلوبين ومن ثم يمتص الدم من نقل الأكسجين إلى خلايا الجسم.

وإذا زاد تركيز غاز أول أكسيد الكربون فى الهواء الجوى إلى ١٠٠٠ جزء فى المليون (كما هو الحال فى كثير من بالوعات وغرف تفتيش شبكات الصرف الصحى) فإن استنشاق هذا الهواء يؤدى إلى الوفاة بسرعة.

وللعناصر الثقيلة والتي تضاف إلى الهواء الجوى مع عادم السيارات ودخان المصانع لهذه العناصر أثر خطير على صحة الإنسان والحيوان والنبات.

وقد بينت التجارب أن نحو ٢٠٪ من كمية الرصاص المستنشق يتم امتصاصه فى الرئتين. ويؤدى التسمم بالرصاص إلى الإصابة بالأمراض التالية:

- التوتر العصبى.

- الشلل.

- الضعف العام.

- الإجهاد.

وللرصاص أثر خطير على الجهاز العصبى للأطفال ويؤدى إلى إصابتهم بالتعوق والتخلف العقلى والشلل الدماغى، وضمور وضعف العصب البصرى.

وهناك عنصر ثقيل آخر لا يقل سمية عن الرصاص ذلك هو عنصر الكادميوم. وقد يتلوث الهواء بعنصر الكادميوم من خلال غبار ودخان المصانع والمسابك وعادم السيارات وغيرها.

ويؤدى استنشاق هواء ملوث بعنصر الكادميوم إلى تلف الكليتين والرئتين. وضعف أطراف العظام وتآكلها، وما ينتج عن ذلك من آلام مبرحة.

ويؤدى طول التعرض لعنصر الكادميوم إلى الإصابة بأمراض القلب والإجهاد.

## المركبات المسرطنة

يقصد بالمركبات المسرطنة تلك الملوثات من العناصر الكيميائية ومركباتها والتي تؤدي إلى الإصابة بالسرطان.

ومشكلة المواد المسرطنة في أن آثارها لا تظهر إلا بعد فترة طويلة من التعرض، تتراوح عادة من ٢٠ إلى ٣٠ سنة في أغلب الأحوال.

وبدأ العلماء يربطون بين تلوث الهواء وسرطان الرئة منذ سنة ١٩٣٦. ومنذ ذلك التاريخ بدأ المختصون في إجراء الدراسات المتعلقة بهذا الموضوع، وبخاصة في أجواء المدن الملوثة. وأثر التلوث وتنوعيته وتركيزه في إحداث سرطان الرئة. وهو موضوع معقد تتداخل فيه عوامل عديدة منها: علاقة التدخين بسرطان الرئة، والعوامل النفسية والضغط العصبي المميز لحياة المدن والناجم عنها. والعوامل الوراثية، والأحوال الاقتصادية وزيادة المواد المصنعة في طعام وشراب أهل المدن وما يصاحبها من تلوث كيميائي وبيولوجي وعناصر ثقيلة... إلخ.

وللملوثات الهيدروكربونية في الهواء الجوي دور في إصابة البعض بسرطان الرئة في أجواء المدن.

وهناك علاقة واضحة بين المواد العطرية وسرطان الجلد وغيره وذلك في المناطق الصناعية.

وتتأثر النباتات بالملوثات الهوائية والتي تدخل في أجسام النباتات بطريقة مباشرة أو من خلال الرطوبة في التربة، حيث تذيب الأمطار الملوثات الهوائية وتحملها معها إلى التربة عند سقوط تلك الأمطار، ومن ثم نجد تلك الملوثات طريقها إلى أجسام النباتات التي تنمو في تلك التربة الملوثة.

وتعد المواد الحامضية من أخطر الملوثات الهوائية على التربة والنباتات.

وعندما تنفذ الملوثات الهوائية إلى أجسام النباتات فإنها تذوب في سوائها الخلوية وتكون أحماضا (مثل حمض الكبريتيك الذي يتكون بذوبان أكاسيد الكبريت في الماء) تلتف أنسجة النباتات.

وتعد أكاسيد الكبريت، وكلوريد الهيدروجين وفلوريد الهيدروجين من أخطر الملوثات الغازية على النباتات وتظهر آثارها بوضوح فى أوراق النباتات التى تعرض لتلك الغازات.

وتعد الدقائق الصلبة أقل سمية من الغازات بالنسبة للنباتات؛ ذلك أنها لا تنفذ إلى داخل جسم النبات ولكنها ترسب على سطح النبات وتلتصق على الأسطح الشمعية لأوراق النباتات.

وفى بعض الأحيان قد تنوب بعض الملوثات الصلبة المترسبة على أسطح أوراق النباتات، فى الرطوبة ومن ثم تجد طريقها إلى داخل أنسجة النباتات من خلال الخدوش والجروح على أسطح النباتات أو عبر مساماتها. كذلك قد تنوب بعض الملوثات فى المادة الشمعية على الأوراق وتسرّب إلى داخل جسم النبات. وعلى هذا الأساس فإن الملوثات الهوائية الصلبة قد يكون لها تأثير موضعى محدد فى الغالب بالمقارنة مع الملوثات الغازية فى الهواء والتى تؤثر على كل أنسجة النبات.

وقد تنتقل الملوثات الصلبة الهوائية إلى سلسلة الغذاء إذا تناولت الحيوانات نباتات ترسبت عليها ملوثات غازية صلبة. وفى النهاية تجد هذه الملوثات طريقها إلى جسم الإنسان.

ولمعظم نباتات الزينة أوراق حساسة تجاه الملوثات فإذا ترسبت الدقائق الصلبة على أوراق نباتات الزينة فإنها تصيبها بالتلف وتقلل من قيمتها الجمالية أو الاقتصادية كما هو الحال فى الزهور والورود، وذلك على الرغم من بقاء هذه النباتات واستمرارها فى النمو والزهير.

وتتغير حساسية النباتات والحيوانات تجاه الملوثات وذلك حسب نوع وتركيز تلك الملوثات ودرجة وزمن التعرض لها، وعدد الملوثات فى البيئة فقد تحفر الملوثات بعضها البعض وتتعاون على إتلاف عناصر البيئة من إنسان وحيوان وجماد.

وليس كل النباتات على درجة واحد من الحساسية تجاه الملوثات فبعض أنواع النباتات تكون أكثر حساسية تجاه ملوثات معينة كما أن بعض النباتات تجمع عناصر كيميائية معينة من التربة مثل النباتات المجمععة للسيلينيوم أو الزنك أو النيكل... وكلها عناصر كيميائية سامة.

وتتمو بعض النباتات فى بيئات ملوثة أو ذات ملوحة عالية... إلخ.

ويعد ثانى أكسيد الكبريت من أكثر الملوثات إتلافا للنباتات، فعندما يدخل هذا الغاز فى جسم النبات فإنه يتحد مع الماء معطيا أيون الكبريتيد  $\text{Sulphite} (\text{SO}_3^-)$  ولهذه الأيونات تأثير مدمر أكثر ٣٠ مره من تأثير أيونات الكبريتات  $(\text{SO}_4^-)$  وتظهر أعراض تلوث النباتات بأيونات الكبريتيدات فى تغير أوراق النباتات إلى اللون الأسود. ثم ترهل الأجزاء التى تتركز فيها أيونات الكبريتيدات ثم تجف تلك الأوراق وتساقط بعد ذلك.

وإذا زادت حدة التلوث وسقوط أوراق النبات؛ أدى ذلك إلى موت النبات كله.

وتعد التركيزات المنخفضة من غاز ثانى أكسيد الكبريت وحتى ٠,٠٥ جزء من المليون ضارة بالنباتات الحساسة.

أما النباتات متوسطة الحساسية للتلوث بغاز ثانى أكسيد الكبريت، فإنها تتحمل تركيز ثانى أكسيد الكبريت فى حدود ٠,١٥ جزء فى المليون، وحتى ٠,٣ جزء فى المليون لمدة ثمانى ساعات تعرض.

وكثير من النباتات والمحاصيل الاقتصادية بعد متوسطة الحساسية تجاه غاز ثانى أكسيد الكبريت، ومن هذه النباتات:

- القمح.
- البرسيم.
- البقوليات.

- الخصب .

- أشجار الفاكهة .

وهناك نباتات ذات مقاومة عالية للتلوث بثاني أكسيد الكبريت في الهواء الجوى مثل أشجار الكاسورينا والتي لا تتأثر حتى لو تعرضت لمدة ست ساعات لهواء يحتوى على ثلاثة أجزاء فى المليون ثانى أكسيد الكبريت .

وهناك علاقة واضحة بين عمر النبات ودرجة مقاومته للتلوث، فتزيد مقاومة النبات لعوامل التلوث مع العمر فالنباتات الجديده تكون أقل مقاومة من النباتات الأكبر عمرا وذلك بالنسبة لغاز ثانى أكسيد الكبريت .

وفى مرحلة النضوج تكون معظم النباتات حساسة جدا وتتأثر تأثرا واضحا بغازات الكلور وكلوريد الهيدروجين والأمونيا والأوزون وذلك بالمقارنة مع تأثيره بتلك الغازات فى المراحل السابقة للنضوج .

وللأوزون تأثير ضار على كثير من النباتات . والأوزون هو أحد المكونات الرئيسية لشبورة الدخان الضوء كيميائية ويظل هذا الغاز ثابتا لفترة طويلة فى أثناء النهار .

ويزيد تركيز الأوزون فى أجواء العديد من الدول الأوروبية والأمريكية عن القيمة المشرفية Threshold Value لتركيز هذا الغاز وهى ١ , ٠ جزء فى المليون لمدة ساعتين ، أو ٣ , ٠ جزء فى المليون لمدة أربع ساعات تعرض بالنسبة للنباتات . فإذا زاد تركيز هذا الغاز عن القيمة المشرفية لتعرض النبات لهذا الغاز أصبح ذلك خطرا على النباتات بصفة عامة .

ويتسلل الأوزون إلى داخل أجسام النباتات ويهاجم طبقة النسيج العمادى فى النبات ، وبالتالي يتدمر الكلورفيل وينخفض معدل التمثيل الضوئى فى النبات ، كما يؤثر الأوزون فى داخل جسم النباتات على معدل تنفسها .

وقد تبدو الخلايا الخارجية فى جسم النبات الملوث بالأوزون ، قد تبدو تلك الخلايا مصونة ومعافاة وغير متأثرة بالأوزون ، وذلك على الرغم من أن الخلايا الداخلية تكون قد دمرت تدميرا شديدا بفعل الأوزون .

ويؤدى تعرض أشجار الصنوبر لتركيزات عالية من الأوزون إلى احتراق أطراف أوراق الصنوبر .

ويقلل الأوزون أو حتى يمنع تكون أفرع جديدة فى بعض النباتات مثل القرنفل، والحبيزى الأفرغية أو أبرة الراعى Geranium. وكذلك يقلل من معدل تزهرها .

ويعتبر التوباكو من أكثر النباتات تأثرا بالأوزون .

وقد تأثرت بعض أصناف أشجار الصنوبر بشدة بغاز الأوزون فى حدائق الصنوبر الوطنية فى جنوب كاليفورنيا بالولايات المتحدة الأمريكية فى سنة ١٩٦٩ . وكان ذلك بسبب تعرض تلك الأشجار لغاز الأوزون وصل تركيزه إلى ٠,١ جزء فى المليون لمدة عشرة ساعات يوميا وذلك خلال فصل الصيف من ذلك العام .

وقد بينت بعض المشاهدات أن هناك علاقة ما بين غازى ثانى أكسيد الكبريت والأوزون، حيث يحفز كل منهما الآخر إذا وجدا سويا فى الهواء الجوى، ومن ثم يزيد فعلهما التدميرى على النباتات، وبخاصة النباتات الحساسة بالنسبة لغازين.

وقد تدمرت العديد من النباتات شديدة التأثر بغازى الأوزون وثانى أكسيد الكبريت، بسبب وجود حوالى ٠,٢ - ٠,٣ جزء فى المليون من غاز الأوزون، بالإضافة إلى ٠,٢ - ٠,١ جزء فى المليون من ثانى أكسيد الكبريت . وواضح أن تركيز أى من الغازين فى هذه الحالة هو أقل من القيمة المشرفية لكل منهما على حدة - مما يعنى أن كل من الأوزون وثانى أكسيد الكبريت قد عضد أو حفز من الآخر فى تدميره للنباتات .

ويشبه ثانى أكسيد التروچين ثانى أكسيد الكبريت فى أنه سريع الذوبان فى الماء ويؤثر بشدة فى أوراق النباتات الغضة ويتلفها .

ويزيد الفعل التدميرى لثانى أكسيد التروچين على النباتات فى الأيام الغائمة أكثر من الأيام المشمسة وقد يعزى ذلك إلى أن ضوء الشمس ينشط من التفاعلات

الإنزيمية فى النباتات والتى من شأنها أن تحول مركبات النتريت إلى الامونيا (النشادر) وهذا غذاء للنبات ويقل هذا التفاعل الأنزيمى أو يخدم فى وجود الضوء الحافى .

ولهذا السبب فإن ثانى اكسيد التروجين يعد أقل سمية من ثانى اكسيد الكبريت بالنسبة للنباتات .

ويعتبر الحد المشرفى Threshold Value (الذى بعده يكون خطرا على النباتات) للتعرض لمدة أربع ساعات هو ٢,٥ جزء فى المليون من غاز ثانى اكسيد التروجين . وهو تركيز يصعب وجوده حتى فى أكثر أجواء المدن تلوثا .

وهناك مركب تروجينى آخر يتكون فى الهواء الجوى بفعل تأثير أشعة الشمس على الهواء الملوث بغازات التروجين ، ويدعى نترات البيروكسيل أستيل Peroxylacetyl nitrate ويرمز له بالأحرف الأولى من اسمه (PAN) ويتكون فى الهواء الجوى حسب المعادلة التالية :



نترات البيروكسيل أستيل

و(R) فى هذه المعادلة ترمز إلى شق أليفاتى هيدروكربونى أحادى التكافؤ .

ويعتبر نترات البيروكسيل أستيل من أكثر مكونات شبورة الدخان الضوء كيميائية سمية وخطورة على النباتات .

ويؤثر هذا المركب (PAN) بشدة فى نباتات الزينة الحديثة النمو ، والخضروات والأعشاب أكثر من تأثيره على الأشجار الكبيرة والشجيرات . ويكون تدميره للنباتات الصغيرة شديدا حتى لو وجد فى الهواء الجوى بتركيز منخفض جدا (أقل من تركيز الأوزون) .

والقيمة المشرقة لهذا المركب هى حوالى ٠,١ جزء فى المليون لمدة ستة ساعات يوميا .

ويهاجم هذا المركب الخطير (PAN) الطبقة الداخلية لخلايا الأوراق الحديثة النمو (الغضة) في النباتات ويدمرها. أما الأجزاء الخارجية من هذه الأوراق فتظل تنمو مما يؤدي إلى انتشاء وطى وتشوه تلك الأوراق المصابة.

وقد يظهر العطب الناتج من تأثير نترات البيروكسيل أستيل على النباتات والأعشاب في صورة نطاقات ذات لون بني غامق.

والفلور غاز حارق أكال، يحترق ويحترق كل شيء يلامسه. ولا يوجد إلا عدد قليل من المواد الطبيعية أو الصناعية التي تقاوم الفلور وأهمها اللدائن. ولذلك يحفظ أهم مركبات الفلور وهو حمض الهيدروفلوريك في زجاجات من البلاستيك.

والفلور سام جدا وقد أخذ اسمه من كلمة فتورس Ftoros الإغريقية وتعني المتلف.

وتعد مركبات الفلور الغازية مثل فلوريد الهيدروجين مواد متلفة للنباتات والمزروعات حتى لو وجدت هذه الفلوريدات في الهواء الجوى بتركيزات منخفضة جدا، لارتفاع عن ٠.٠٠١ جزء في المليون.

وغاز فلوريد الهيدروجين قابل للذوبان في الماء مكونا حمض الهيدروفلوريك والذي يحرق الكثير من النباتات الحساسة للمركبات الحامضية حيث يدمر ويقتل خلايا النبات بمجرد أن يلامسها ويصبح لون الأوراق المعرضة لهذا الحمض (المصابة) بنيا أو ذات مظهر فاتح وتظهر في تلك الأوراق الثقوب المتعددة بعد تعرضها للحمض بأيام قليلة.

وكثير من الأشجار الخشبية مثل الصنوبر وأشجار الشوح أو الشربين (خشب الموسيقى) Fir حساسة جدا لغاز فلوريد الهيدروجين، ويتغير ألوان أوراقها بمجرد تعرضها لهذا الغاز.

وقد تتجمع مركبات الفلور (الفلوريدات) في أعشاب المراعي والخضروات. إذا وجدت هذه المركبات في التربة أو مياه الري، ورغم ذلك فقد تبدو هذه



النباتات وكأنها فى صحة جيدة، رغم أنها مسممة بمركبات الفلور الفتاكة. وعندما تنغذى عليها الحيوانات وخاصة الماشية فإن مركبات الفلور تنتقل إلى أجسامها وتتركز فى لحومها وألبانها وتصبح تلك اللحوم والألبان ملوثة بالفلور.

وتتأثر النباتات تأثيرا شديدا بالفلزات الثقيلة، وبخاصة الرصاص والزنك والكاديوم. وقد لوحظ - كما ذكرنا آنفا - تأثير المزروعات القريبة من مسابك الفلزات وأفران صهر الخامات الفلزية غير الحديدية، بالغازات المتصاعدة من تلك الصناعات، وتحتوى هذه الغازات على مركبات الرصاص والزنك والكاديوم.

والزنك والكاديوم أكثر سمية من الرصاص، وتمتص النباتات كبريتات الزنك وكبريتات الكاديوم بسهولة إذا كانت هذه المركبات موجودة فى التربة.

وأشجار الفاكهة هى أكثر النباتات حساسية تجاه الزنك. والخوخ والبرقوق أكثر حساسية من التفاح والكمثرى.

وللتربة التى تنمو فيها النباتات دور هام فى تلوث النباتات بالعناصر الثقيلة، ذلك أن بعض التريبات تحتفظ بمركبات العناصر الثقيلة أكثر من غيرها.

وبعض أصناف النباتات ذات مقاومة للتسمم أكثر من الأخرى. وقد وجد أن جذران خلايا جذور النباتات لها دور كبير فى قابلية النباتات لامتصاص المركبات الكيميائية من التربة.

وفى الآونة الأخيرة زاد استخدام مبيدات الحشرات والديدان والفطريات وذلك لحماية المزروعات من أخطار تلك الآفات الزراعية.

وكما تقوم هذه المبيدات فى حماية النباتات من أخطار الآفات الزراعية، فإنها تصيب النباتات بالتسمم وتلوث البيئة، وخاصة إذا تم رش تلك المبيدات فى المواضع غير المناسبة.

وعندما ترش المبيدات الحشرية فى الحقول فإنها تكون رذاذا دقيقا يتطاير فى الهواء ومعه ويتشرب فى مساحات واسعة، أوسع من المناطق المراد وقايتها من الآفات الزراعية. ويحدث هذا الرذاذ تلوثا للبيئة بدرجة كبيرة وإن لم يكن يقصد ذلك.

## تأثير الملوثات الهوائية على الحيوان،

لاحظ المهتمون بالبيئة تأثر الحيوانات مثلها مثل الإنسان بالملوثات الهوائية فى مناطق المسابك وصهر الخامات غير الحديدية (والتي يتطاير منها غازات الكبريت والزرنيخ والفوسفور وغيرها) وبالقرب من المصانع الكيميائية، ومصانع الاسمدة الفوسفاتية، ومصانع الزيوت والصابون، وقمائن حرق الطوب والجير، ومصانع الألومنيوم وغيرها، حيث تسرب من تلك الصناعات العديد من المركبات الكيميائية الغازية أو الأتربة والتي تتصاعد فى الهواء الجوى وتلوثه بالملوثات الكيميائية الفتاكة مثل الفلوريدات والكبريتات والكلوريدات والتترات وغيرها من المواد الكيميائية الطيارة.

فعند تحميص الخامات المعدنية غير الحديدية (مثل خامات النحاس والرصاص والزنك وغيرها) وذلك تمهيدا لصهرها. فإن العديد من المركبات الكيميائية مثل أكاسيد الزرنيخ والانتيمون والكادميوم والزنك والكبريت والفوسفور... إلخ. تتطاير فى الهواء الجوى وتلوثه بدرجات متفاوتة. وقد تسبب الوفاة للإنسان والحيوان إذا تعرض لتلك الغازات كما حدث فى سنة ١٩٠٢م فى مونتانا حيث نفقت نحو ٦٢٥ رأسا من الأغنام من قطيع تعدده نحو ٣٥٠٠ رأس؛ وذلك بسبب التلوث بالزرنيخ فى موقع يبعد نحو ٤٠ كم من مصنع صهر خامات النحاس فى منطقة أتاكوندا.

والمعروف أن معادن الزرنيخ ترافق عادة معادن النحاس فى خاماتها فى الطبيعة.

وهلكت قطعان من الماشية والخيول إثر تسممها بالرصاص والزنك المتصاعدين من مصنع يبعد نحو خمسة كيلو مترات فى ألمانيا فى سنة ١٩٥٥م. وفى سنة ١٩٥٤م أدت الغازات المتصاعدة من مصنع للصلب فى السويد، أدت هذه الغازات التى تحتوى على عنصر الموليبدنيوم، إلى نفوق قطعان الماشية فى المراعى التى تبعد عن مصنع الصلب بنحو ٨٠٠ متر.

✓

وتترسب على جوانب الطرق فى القرى والمدن مركبات الرصاص المخلوطة بالسناج والمتصاعدة من النشاط الصناعى وعادم السيارات. وقد تجد تلك المواد طريقها إلى التربة الزراعية أو المجارى المائية (كالترع والقنوات) أو المياه الجوفية وذلك بعد سقوط الأمطار عليها وجرفها فى طريقها إلى التربة الزراعية. ومن ثم تجد تلك الملوثات طريقها إلى أجسام النباتات فالحيوانات التى تتغذى على تلك النباتات وأخيرا جسم الإنسان وتصيبه بالتلوث.

وهناك علامات ودلائل على الإصابة بالتسمم بالعناصر الثقيلة ومنها:

- الإسهال.

- الأنيميا.

- التيس.

ومن مظاهر تسمم الحيوانات بالزرنيخ هو شعورها بالظمأ، ثم القيء، ويكون لظفها رائحة الثوم المميز لمركبات الزرنيخ.

والإصابة بتسمم الفلور مشكلة شائعة فى الحيوانات المجترة. وخاصة الأبقار الحلوبة وغالبا ما يكون مصدر الفلور هو فلوريد الهيدروجين المتصاعد من مصانع الاسمدة وقمائن حرق الطوب، ومصانع صهر خامات الألومنيوم.

ولذا يجب دراسة هذه الظاهرة فى منطقة نجع حمادى بصعيد مصر، حيث توجد مصانع الألومنيوم فيها

وتتجمع مركبات الفلور فى أجسام النباتات وتتراكم حتى تصل إلى ٢ - ٣ جزء فى المليون (بالنسبة للنباتات الجافة، وعندما تتغذى الحيوانات على تلك النباتات فإنها تصاب بتسمم الفلور، وتبدأ أعراض الإصابة بالفلور فى الحيوان ببرقشة (تعدد الألوان) أسنانه ويصبح لونها غامقا، ويقلل إنتاج الحيوانات الحلوبة من اللبن وأخيرا تصاب بلين العظام والكساح.

وتتأثر الحيوانات والطيور المنزلية بالملوثات الهوائية بدرجات متفاوتة بحسب نوع وتركيز المادة الملوثة وصحة الحيوان أو الطير وعمره... إلخ.

ولا يقتصر فعل الملوثات الهوائية على الإنسان والحيوان والنبات، ولكن تؤثر هذه الملوثات، كما ذكرنا سابقاً، على الجماد أيضاً، سواء كان ذلك الجماد مادة طبيعية كالأحجار أو صناعية مثل البويات والمنشآت المعدنية وغيرها.

فتفسير ألوان أحجار الجير البيضاء في المدن الصناعية بفعل الغازات الملوثة، بتغير لونها بمرور الوقت وتكتسب لونا غامقا غير مقبول. وقد تصاب بعض المنشآت الأثرية والتاريخية بالتلف من جراء الملوثات الهوائية، وبخاصة في البيئات الرطبة، حيث تذوب الملوثات الهوائية في رطوبة الهواء ومن ثم يزداد فعلها التدميري.

وبغير غاز كبريتيد الهيدروجين (ذو الرائحة المميزة والتي تشبه رائحة البيض الفاسد) دهان أبيض الرصاص، الذي يستخدم في طلاء جدران المنازل وغيرها باللون الأبيض، إلى اللون الأسود وذلك بتفاعله مع الرصاص مكونا كبريتات الرصاص السوداء اللون. ويظهر ذلك بوضوح في المناطق الرطبة. ويتصاعد غاز كبريتيد الهيدروجين إلى الهواء الجوى بفعل النشاط البكتيري في مياه الصرف الصحي والبرك والمستنقعات وأماكن تجمع المخلفات العضوية والقمامة وغيرها.

وقد بينت بعض الدراسات أن زيادة مستوى المواد المؤكسدة في البيئة، مثل الأوزون، يقلل من عمر إطارات السيارات.

كما تفقد المصنوعات الفضية بريقها إذا تعرضت لغاز كبريتيد الهيدروجين، وثاني أكسيد الكبريت.

ولا تحتاج الأدوات المنزلية وأدوات الزينة المصنوعة من الفضة أو المطلية بها، لا تحتاج هذه الأدوات وحدها إلى التنظيف الدائم والعناية المستمرة، ولكن أيضا كل الأدوات المصنوعة من الفضة مثل الموصلات الكهربائية في وسائل الاتصالات السلكية واللاسلكية. تحتاج هي الأخرى للعناية حتى تظل تعمل بكفاءة عالية، وبخاصة في بيئات المدن الصناعية التي تكثر فيها غازات ومركبات الكبريت وغيره.

وقد يحتاج الأمر إلى وضع تلك الأجهزة الدقيقة في جو وبينة نقية خالية من الغازات والملوثات الكيميائية، كما هو الحال في مدينة روتنورا في نيوزيلندا،

حيث يزيد تركيز غاز كبريتيد الهيدروجين المتصاعد من المصادر الطبيعية، ويضاف إلى الهواء الجوى فى تلك المدينة. ومن ثم توضع الستراتات فى جو مكيف خاص خال من غاز كبريتيد الهيدروجين وذلك باتباع طرق ووسائل فنية معينة. وذلك لحماية تلك الأجهزة من التلف وجعلها تعمل بكفاءة عالية.

وفى الآونة الأخيرة بدأ المهتمون بشئون البيئة بدراسة وتقدير الحقائق الناجمة عن الملوثات الهوائية، وبخاصة المواد المؤكسدة منها، وتأثيرها على صحة الإنسان والحيوان والنبات والمنشآت والمباني الأثرية والتاريخية. . . إلخ.

### ثانى أكسيد الكربون والصوبة الزجاجية:

غاز ثانى أكسيد الكربون هو أحد المكونات الطبيعية الضئيلة للهواء الجوى. ويتكون هذا الغاز نتيجة احتراق المواد العضوية كالفحم والبتروول والغاز الطبيعى والخشب. . . إلخ.

ويستج عن حرق كيلو جرام من المادة العضوية ما بين ١,٥ إلى ٣ كجم من ثانى أكسيد الكربون. وتشير بعض التقديرات إلى أن هناك نحو عشرين ألف مليون طن من غاز ثانى أكسيد الكربون تضاف سنويا إلى الهواء الجوى، معظمها بفعل النشاط الإنسانى على الأرض.

وقد اهتم المختصون بشئون البيئة بزيادة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون فى الهواء الجوى منذ فترة طويلة وقام العلماء منذ فترة طويلة بقياس وتقدير تركيز هذا الغاز فى منطقة ماونا لوا Mouna loa فى جزر هاواى بالمحيط الهادى. ووجدوا تذبذبا فى تركيز هذا الغاز خلال فصول السنة بالإضافة إلى زيادة مضطردة فى تركيز الغاز فى هواء هذه المدينة بنحو ٧ جزء فى المليون، حتى وصلت إلى مستواها الحالى وهو ٣٢٠ جزء فى المليون.

وعزى التغير الفصلى فى تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون فى الهواء الجوى إلى نشاط النباتات فى مختلف فصول السنة، فتزداد حاجة النبات إلى هذا الغاز خلال فصلى الربيع والصيف، حيث تنمو النباتات بمعدل أكبر خلال هذين

الفصلين ومن ثم تمتص كميات كبيرة من غاز ثاني أكسيد الكربون المنطلق في الهواء الجوي لاستخدامها في بناء أجسامها وفي تكوين ما تحتاجه من مواد عضوية من خلال عملية التمثيل الضوئي . ومن ثم ينخفض تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون في الهواء الجوي خلال هذين الفصلين من السنة

ويثبت قياسات تركيز ثاني أكسيد الكربون في الهواء الجوي خلال القرن العشرين وجود زيادة مضطربة في تركيزه من حوالي ٢٩٠ جزء في المليون قبل سنة ١٨٩٠ حتى تركيزه الحالي ( ٣٢٠ جزء في المليون).

وقد زاد انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون في الآونة الأخيرة بسبب الإفراط في استهلاك مواد الطاقة، وخاصة البترول والغاز الطبيعي والفحم (شكل ١٥).



شكل (١٥)

لقد زاد تدفق الغازات الصناعية في الهواء الجوي؛ بسبب التشاغل الصناعي للدول المتقدمة والإفراط في حرق مواد الطاقة من فحم وبترول وغازات صناعية، وأدى كل ذلك إلى تلوث الهواء العالمي

وتمتص مياه المحيطات قدرا كبيرا من ثاني أكسيد الكربون من الهواء الجوى.  
ولمياه المحيطات قدره على استيعاب ثانى أكسيد الكربون تزيد بنحو ٦٠ مرة  
عن قدرة الهواء الجوى لاستيعاب هذا الغاز.

ويعزى تكون أحجار الجير (كربونات الكالسيوم  $CaCO_3$ ) فى أحواض  
الترسيب المائية الضخمة عبر العصور الجيولوجية على سطح الأرض إلى وجود  
ثانى أكسيد الكربون فى ماء البحر بكميات هائلة.

ونتيجة لزيادة استهلاك مواد الطاقة، وزيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون فى  
الهواء الجوى، أن زادت معدلات الارتفاع فى درجات حرارة الغلاف الجوى  
للأرض فيما يطلق عليه اسم ظاهرة الصوبة الزجاجية. ويعزى ذلك إلى صفات  
غاز ثانى أكسيد الكربون نفسه، فهو غاز شفاف بالنسبة للضوء المرئى والموجات  
فوق البنفسجية، أى أن الضوء المرئى والموجات فوق البنفسجية ينفذان عبر ثانى  
أكسيد الكربون بسهولة تامة ويصلان إلى سطح الأرض ولكنه (غاز ثانى أكسيد  
الكربون) يمتص الموجات تحت الحمراء معنى ذلك أن معظم موجات الضوء الآتية  
من الشمس (أساسا ضوء مرئى وموجات فوق بنفسجية) تنفذ إلى سطح الأرض  
ولا يعيقها ثانى أكسيد الكربون الموجود فى الهواء مما يزيد من درجة حرارة الهواء  
الجوى وسطح الأرض خصوصا فى فصل الصيف. وغندما ترتفع درجة حرارة  
سطح الأرض بفعل أشعة الشمس الساقطة عليها، ينبعث من هذا السطح بعض  
الإشعاعات الحرارية (أساسا أشعة تحت الحمراء ذات الموجات الطويلة)، ولا  
تستطيع هذه الإشعاعات الحرارية أن تنفذ عبر غاز ثانى أكسيد الكربون، بل  
يمتصها هذا الغاز ويحتفظ بها ومن ثم ترتفع درجة حرارته وبالتالي ترتفع درجة  
حرارة الغلاف الجوى.

ونظرا لأن درجة حرارة سطح الأرض هى محصلة لاتزان دقيق بين مقدار ما  
يقع عليها من أشعة الشمس وبين ما ينعكس من سطحها إلى الفضاء الخارجى.  
فإن زيادة نسبة ثانى أكسيد الكربون فى الهواء الجوى تؤدي إلى الإخلال فى هذ  
التوازن، حيث تقلل من كمية الطاقة الحرارية المنعكسة من سطح الأرض إلى

الفضاء الخارجى، وذلك بالاحتفاظ بها بمنصة فى غاز ثانى أكسيد الكربون، مما  
يؤدى إلى ارتفاع درجة حرارة سطح الأرض، ويكون ذلك بصورة مضطربة مع  
زياده تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون فى الهواء الجوى.

ويقدر بعض العلماء أن التركيز الحالى لثانى أكسيد الكربون فى الهواء الجوى  
تزيد من درجة حرارة سطح الأرض بنحو درجة ونصف درجة مئوية وتزيد درجة  
الحرارة بحوالى ستة درجات إذا تضاعف تركيز ثانى أكسيد الكربون فى الهواء  
الجوى عن تركيزه الحالى.

ولم يتم التأكد من تلك المعلومات حتى الآن.

وهناك العديد من التساؤلات الحائرة التى لا تجد إجابة عن الزيادة المتنبأ بها  
ومنها: هل تزيد درجة الحرارة المتوقعة، من كمية بخار الماء من البحار والمحيطات؟  
ومن ثم تحدث زيادة أخرى فى درجات حرارة الغلاف الجوى للأرض؟. ذلك أن  
بخار الماء يمتص الموجات تحت الحمراء المنبعثة من سطح الأرض مثله مثل غاز ثانى  
أكسيد الكربون؟

أم أن زيادة بخار الماء يؤدى إلى تكون سحب كثيفة فوق سطح الأرض  
تجذب أشعة الشمس من الوصول إلى سطح الأرض، ومن ثم تنخفض درجة  
حرارة سطح الأرض عن معدلها الحالى؟

وإذا زادت درجة حراره الغلاف الجوى فإن قدرا كبيرا من الثلوج المتراكمة  
فوق القطبين سوف تذوب وتضاف مياهها إلى البحار والمحيطات؟

وهل تؤدى زيادة درجة حرارة السطح العلوى لمياه البحار والمحيطات إلى  
انخفاض دوران، وزيادة تنضد Stratification (طبقة فوق طبقة) مياه المحيط،  
ومن ثم تنخفض قدرة المحيط على استيعاب كميات أكبر من ثانى أكسيد الكربون  
الجوى؟

ويعود اهتمام المختصين بشئون البيئة بموضوع التغير فى درجات الحرارة إلى  
أهمية الأحوال المناخية بالنسبة للزراعة والنباتات بصفة عامة.



كما أن الفرق في درجة حرارة في عصرنا الحاضر ودرجة الحرارة في آخر عصر جليدي شهدته الأرض هو نحو أربع درجات مئوية. وعلى هذا الأساس فإن أى زيادة أو نقص في درجة حرارة الغلاف الجوى سوف تكون له انعكاسات هامة على الحياة على سطح الأرض.

وهناك من يرى أنه لا توجد علاقة بين التغير في درجات الحرارة خلال القرن الحالى وبين التغير في نسبة ثاني أكسيد الكربون الغلاف الجوى. وقد زادت درجة الحرارة في النصف الشمالى من الكرة الأرضية بنحو ٠,٦ درجة في المتوسط خلال الفترة من ١٨٩٠ و ١٩٤٠م، ومنذ ذلك الوقت انخفضت درجة الحرارة بنحو ٠,٣ درجة مئوية، مما يؤكد عدم ارتباط التغير من درجات حرارة الغلاف الجوى وتركيز ثاني أكسيد الكربون فيه. وأن هناك عوامل أخرى غير معروفة هي المستولة عن التغيرات في الاحوال المناخية أهمها درجة الحرارة على سطح الأرض.

#### الغبار يسبب التغيرات المناخية:

يربط بعض العلماء بين تركيز الدقائق particulate أو الغبار بصفه عامة، في الغلاف الجوى وبين التغيرات المناخية، فالدقائق الصلبة (سواء المتطايرة في الهواء الجوى بسبب النشاطات الإنسانية أو النيازك الدقيقة الساقطة من الفضاء الخارجى إلى الغلاف الجوى للأرض) تزيد من ظاهرة البياض(\*) - وهى نسبة الضوء المنعكس على سطح تلك الدقائق الصلبة من أشعة الشمس.

وإذا صحت هذه الفرضية فإن انخفاضاً في درجة الحرارة سطح الأرض سوف يكون متوقعا مع زيادة كمية الغبار في الغلاف الجوى بسبب النشاط الصناعى المتزايد. الجدير بالذكر أن الدقائق تمتص بعض الإشعاعات ثم تعيد إطلاقها. وتتوقف أطوال موجات الضوء المنطلقة على حجم الدقائق وتركيبها.

وعلى هذا الأساس فإن زيادة درجة حرارة الغلاف الجوى أو انخفاضها يتوقف بدرجة كبيرة على تركيز الدقائق في الغلاف الجوى وتركيبها المعدنى والكيميائى.

---

(\*) تعرف ظاهرة البياض في اللغات الأجنبية باسم Albedo وهى كلمة عربية.

ولا يستمر بقاء الدقائق الصلبة فى الهواء الجوى زمنا طويلا ويتراوح فترة بقائها عادة بين ثلاثة إلى خمسة أيام. كما أن الدقائق المضافة إلى الهواء الجوى بفعل النشاط الإنسانى لا تزيد عن ١٠٪ من مجموع الدقائق المعلقة فى الغلاف الجوى. فأغلب الدقائق الصلبة فى الهواء آتية من الفضاء الخارجى وهى النيازك<sup>(٥)</sup>، ومن ثم فإن الدقائق المضافة إلى الهواء الجوى بفعل النشاط الإنسانى ليس لها أثر كبير فى تغير المناخ.

#### نقص الأوزون فى طبقة الستراتوسفير

تعود معرفة الإنسان بالأوزون إلى نهاية القرن الثامن عشر حينما لاحظ فون ماروم Von Marum رائحة مميزة عند إمرار تيار كهربائى فى غاز الأكسجين وذلك فى عام ١٧٨٥م.

وقد عزا كريستيان شونباين C.F Schounbein فى سنة ١٨٤٠م هذه الرائحة إلى تكون غاز جديد أطلق عليه اسم الأوزون، وهو من الكلمة اللاتينية أورو OZO ومعناها أنا أشم.

وفى سنة ١٨٤٦م يبين سوريت Soret أن الأوزون هو صورة من صور الأكسجين، حيث يتكون الجزئ فيه من ثلاث ذرات من الأكسجين.

والأوزون غاز ذو رائحة خانقه مميزة وتشبه رائحة السمك. وتبلغ كثافته مرة ونصف كثافة الأكسجين وهو أقل ذوبانية من الأكسجين فى الماء ولكنه أكثر منه ذوبانية فى حمض الخليك ورايع كلوريد الكربون... إلخ.

ولون الأوزون فى الحالة الغازية أزرق باهت، وفى الحالة السائلة أزرق يعميل إلى الأسود.

(٥) النيازك من كلمة نيزة أو نيزك الفارسية ومعناها السهم، وهى أجسام صلبة تساقط على سطح الأرض من الفضاء الخارجى، ويدخل كل يوم آلاف من هذه الأجسام الغلاف الهوائى، ومعظم هذه النيازك صغيرة الحجم مثل حبة الرمل أو أصغر، وتسمى النيازك الدقيقة. غير أن بعض النيازك يتراوح وزنها من عدة كيلو جرامات إلى عدة أطنان، وأثناء دخولها إلى الهواء تنفث وتنتظير منها الدقائق الناعمة.

ويوجد الأوزون فى الهواء الجوى بنسبة جزء إلى مائة مليون جزء بالحجم تقريبا. وإذا زادت هذه النسبة إلى الضعف أصبح الهواء ساما وخطيرا على الإنسان والحيوان.

وإذا استنشق الإنسان كمية ضئيلة من الأوزون أصيب بالصداع، وإذا زادت كميته فى الهواء قد يسبب الوفاة.

يستخدم الأوزون فى تعقيم الأطعمة وتنقية مياه الشرب وتطهير دورات المياه العامة؛ وذلك لأنه يقتل البكتريا التى تنمو فيها.

ويستخدم الأوزون كذلك فى إزالة الألوان غير المرغوب فيها فى الزيوت والعاج وغيرها؛ وذلك لأنه يؤكسد ويحلل المركبات العضوية المسببة للألوان. ويستخدم الأوزون كذلك فى بعض الصناعات الكيميائية مثل تحضير برمنجانات البوتاسيوم وصناعة ريت الكافور والمطاط الصناعى وغيرها.

ويتكون الأوزون فى الغلاف الجوى نتيجة التفريغ الكهربائى فى طبقات الجو العليا، وكذلك تحت تأثير الأشعة فوق البنفسجية على الأكسجين، حيث يتحلل بعض جزيئات الأكسجين إلى ذرات، لتعاود اتحادها مع الجزيئات مكونة الأوزون.

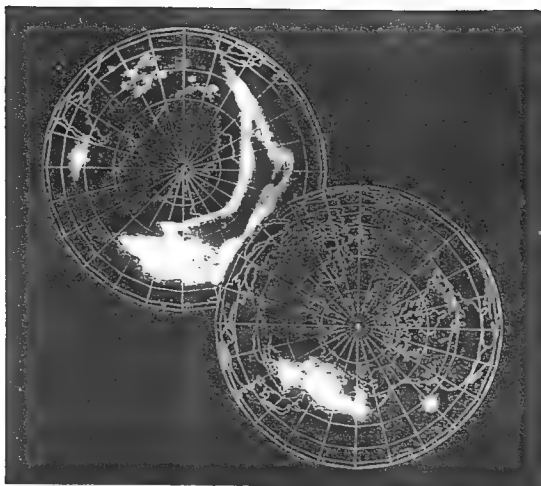
وتحلل بعض جزيئات الأوزون إلى الأكسجين، ويتج عن تكون وتحلل الأوزون بهذه الطريقة أن تظل نسبة الأوزون ثابتة فى الجو. ويعتمد ذلك على الضغط ودرجات الحرارة.

وتبلغ أقصى تركيز لهذه النسبة على ارتفاع ٢٥ كم تقريبا (شكل ١٦).

أما قرب سطح الأرض فإن الأوزون يتحلل بسرعة أكبر بتأثير ذرات الأتربة وبعض المركبات الكيميائية المخلوطة بالهواء الجوى. وبالتالي تقل نسبته كثيرا.

وتتكون كمية كبيرة نسبيا من الأوزون على شواطئ البحار.

وتقوم طبقة الأوزون فى نطاق الستراتوسفير بحجب الأشعة فوق البنفسجية وتبدها فى الفضاء الخارجى ومن ثم لا يصل منها إلى سطح الأرض إلا قدر ضئيل لا يؤثر على الأحياء تأثيرا يذكر.

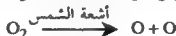


### شكل (٥٩)

صورة تبين تركيز غاز الأوزون في طبقات الجو العليا فوق نصف الكرة الجنوبي ونصفها الشمالي في ٣٠ / ٩ / ١٩٩٢. المناطق الحمراء والصفراء مناطق يزداد فيها تركيز غاز الأوزون، أما المناطق الزرقاء فقد قل فيها تركيز الأوزون مكونا ما يدعى باسم ثقب الأوزون (عن مورك وآخرين ١٩٩٦).

ومعروف أن الأشعة فوق البنفسجية تسبب سرطان الجلد عند التعرض لها لفترة طويلة.

ويتكون غاز الأوزون في نطاق الستراتوسفير التي يتراوح ارتفاعها من ١٠ إلى ٤٠ كم فوق سطح الأرض، بفعل الأشعة فوق البنفسجية على الأكسجين، حيث يتفكك الأكسجين الجزيئي إلى ذرات الأكسجين كما في المعادلة التالية:



ويتبع هذا التفاعل تفاعل آخر يتحد فيه الأكسجين الذري بجزيئات الأكسجين مكونا الأوزون:



وكما ذكرنا آنفا فإن غاز الأوزون غاز غير ثابت ويتفكك بسهولة، وبخاصة في وجود عوامل مساعدة أهمها مركبات التروجين والكلور والفلور وغيرها:



ثاني أكسيد التروجين أكسيد نيتريك أوزون

كذلك يتفكك الأوزون بتفاعله مع ذرات الأكسجين النشطة:



كما يتفكك الأوزون بفعل أيونات الهيدروكسيل النشطة:



هيدروكسيل بيروكسى هيدروكسيل

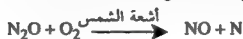


ولمركب البيروكسى هيدروكسيل ( $\text{HO}_2$ ) دور فعال في تكون شبورة الغاز الضوء كيميائية السابق الإشارة إليها.

ويختفى في التفاعلين السابقين الأوزون وذرة أكسجين نشطة، ولا يختفى البيروكسى هيدروكسيل النشط، ومن ثم يستمر هذين التفاعلين دون توقف.

ويتصاعد إلى طبقة الستراتوسفير أكسيد النتروز ( $N_2O$ ) ويتكون هذا المركب التروجيني على سطح الأرض بفعل التفاعلات الحيوية للبكتريا وغيرها في التربة الزراعية والمواد العضوية الأخرى.

ويتغير أكسيد النتروز الحامل كيميائيا بفعل العمليات الضوء كيميائية في طبقات الجو العليا، إلى أكسيد النتريك النشط ( $NO$ ):



أكسيد النتريك                      أكسيد النتروز

ويتفاعل أكسيد النتريك مع الأوزون مثلما يتفاعل الهيدروكسيل مع الأوزون ويفككه.



أكسجين ثاني أكسيد نتروجين      أوزون أكسيد نتريك



وفي هذين التفاعلين لا تختفى أكاسيد النتروجين، بل تتغير من صورة إلى أخرى، وأما الذي يختفى فهما الأوزون والأكسجين الذري. ويستمر هذين التفاعلين ما دام وجدت في الجو أكاسيد النتروجين.

ويسبب هذه التفاعلات وأشباهاها بتغير تركيز الأوزون في طبقة الستراتوسفير، زيادة أو نقصا بمقدار ٢٥٪ في مواقع خاصة وأوقات معينة يوميا. ويتوقف ذلك على مدى انطلاق المركبات الكيميائية الحافزة على تفكك الأوزون (شكل ١٦).

وهناك ثلاثة أنواع من النشاطات الإنسانية من شأنها أن تؤثر على تركيز الأوزون في الغلاف الجوي فيما يعرف باسم طبقة الأوزون، وهذه الأنشطة هي:

(١) اتباع أكاسيد النتروجين من الطائرات النفاثة، الأسرع من الصوت، والتي تخلق عادة على ارتفاعات كبيرة.

(٢) زيادة استخدام المخصبات الأوتية (التروجينية) فى الزراعة.

(٣) انطلاق أيونات الكلور والفلور النشطة فى الهواء الجوى، والتي تتصاعد إلى نطاق الستراتوسفير وتتفاعل مع الأوزون فى وجود محفزات وتفككه إلى الأكسجين.

وتوجد بعض الأدلة على أن زيادة نسبة غاز أكسيد النترك (NO) فى طبقة الستراتوسفير لا تؤدي بالضرورة إلى تفكك وتدمير الأوزون، حيث يدخل أكسيد النترك فى تفاعل مع أيونات البيروكسى هيدروكسيل (HO<sub>2</sub>) النشطة كما يلي:



ثانى أكسيد نتروجين بيروكسى هيدروكسيل أكسيد نترك

وفى هذا التفاعل يخفى البيروكسى هيدروكسيل ويتكون أيون الهيدروكسيل (OH) وثانى أكسيد النتروجين.

ومعروف أن البيروكسى هيدروكسيل (HO<sub>2</sub>) مركب كيميائى هام فى تحلل وتفكك جزيئات الأوزون أكثر من أكسيد النترك، والهيدروكسيل.

وعلى هذا الأساس فإن زيادة تركيز أكسيد النترك (NO) فى طبقة الستراتوسفير لا يؤدي إلى تفكك الأوزون؛ لأن أكسيد النترك يستهلك أيونات البيروكسى هيدروكسيل (HO<sub>2</sub>) النشطة والتي تؤدي إلى تفكك الأوزون إذا وجدت فى الهواء الجوى.

ويعتقد أن بخار الماء المنطلق مع عادم الطائرات النفاثة الأسرع من الصوت، والتي تطير على ارتفاعات شاهقة، يعتقد أن بخار الماء هذا له دور فى تفكك جزيئات الأوزون، على أساس أن بخار الماء هذا هو مصدر أيونات الهيدروكسيل النشطة التى تتفاعل مع الأوزون وتحلله.



أكسجين بيروكسى هيدروكسيل أوزون هيدروكسيل

## مركبات الكلوروفلوروكربون،

مركبات الكلوروفلوروكربون مركبات كيميائية عضوية غير ضارة وخاملة كيميائيا. وهى أنواع عديدة، وأغلبها يوجد فى الحالة الغازية فى درجات الحرارة العادية، وتيسل بسهولة تحت الضغط، وتستخدم كمادة دافعة فى صناعة العطور والمبردات وغيرها.

ونظرا لخمولها الكيميائى فإنها قد تبقى فترة طويلة فى الهواء الجوى حينما تضاف إليه، وتحملها تيارات الهواء إلى الطبقات العليا من الغلاف الجوى.

وتتحلل هذه المركبات جزئيا بفعل اشعة الشمس (الاشعة فوق البنفسجية) فى طبقات الجو العليا، ويتج عن ذلك تكون ذرات الكلور والفلور النشطة والتي تتفاعل مع الأوزون وتحلله:



ويلاحظ فى هذين التفاعلين عدم اختفاء ذرات الكلور أو الأكسجين. بل تختفى فقط جزيئات الأوزون.

ويقدر العلماء أنه باستمرار انطلاق مركبات الكلوروفلوروكربون بكميات كبيرة فى الهواء الجوى يؤدى إلى اختفاء (تحلل) نحو ٤ - ٣٠ ٪ من جملة الأوزون فى نطاق الستراتوسفير.

ويرى كثير من العلماء أن مركبات التروجين وثانى أكسيد الكربون ومركبات الكلوروفلوروكربون والدقائق الصلبة العالقة، وربما غيرها. تتعاون جميعا فى تحمل وتفكك جزيئات الأوزون فى طبقة الستراتوسفير، وأن هناك خطرا متزايدا على حياة الإنسان والحيوان والنبات على سطح الأرض بسبب النقص فى تركيز جزيئات الأوزون فى الغلاف الجوى للأرض.



وفى عام ١٩٨٥ وجد بعض الباحثين أن تركيز جزيئات الأوزون قد تناقصت فوق المنطقة القطبية الجنوبية خلال الفترة ١٩٧٩ - ١٩٨٥ بشكل واضح فى أوائل أكتوبر من كل عام (وهو بداية الربيع فى هذه المنطقة) وهو ما عرف فيما بعد باسم ثقب الأوزون. ولم يتفق العلماء على تفسير نقص الأوزون فى هذه المنطقة القطبية وهل ذلك بسبب النشاط الإنسانى أم لأسباب طبيعية.

وهناك من يرى أن نقص وتدمير طبقة الأوزون فى القطب الجنوبي (ثقب الأوزون) سوف يؤدى إلى رفع درجة حرارة سطح الأرض بنحو ٥,٥ درجة مئوية، مما يزيد من انصهار الجليد من القطبين ويرفع منسوب المياه فى البحار والمحيطات مما يؤدى إلى غرق العديد من المدن الساحلية ودلتات (دالات) الأنهار الكبرى مثل دلتا نهر النيل وبنجلاديش وغيرها، وانتشار سرطان الجلد بفعل الأشعة فوق البنفسجية التى تنفذ من الشمس إلى سطح الأرض.

وعلى النقيض من ذلك فإن زيادة تركيز الأوزون فى الهواء الجوى يؤدى إلى تلوث الهواء وإصابة الإنسان بالأمراض (جدول ٨)

#### جدول (٨)

#### تأثير غاز الأوزون على الإنسان

تركيز الأوزون فى الهواء الجوى جزء / مليون	
٠,٢	لا يشعر الإنسان بالم
٠,٣	التهاب فى الحلق والزور
١ - ٣	إعياء شديد بعد التعرض لمدة ساعتين
٩	استسقاء رئوى حاد

ويوضح هذا الجدول أن وجود الأوزون فى الهواء الجوى بتركيز يزيد عن جزء واحد فى المليون يعد خطراً على الإنسان.

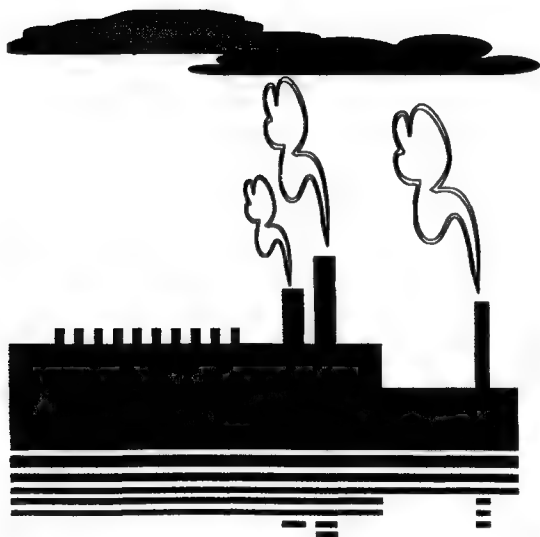
والأوزون يضر النباتات بصفة عامة، فنحو ٢, جزء في المليون من هذا الغاز في الهواء الجوى تلتف محاصيل التبako والطماطم والبقوليات وأشجار الصنوبر وغيرها. ويؤدى الأوزون إلى إعاقه النمو فى تلك النباتات حتى لو لم تظهر عليها أعراض ظاهرة.

وعند التركيزات العالية من الأوزون (١٥ - ٢٠ جزء فى المليون) تصاب أوراق النباتات بالتلف الشديد، وتفقد أوراق بعض النباتات ألوانها الخضراء وتصبح عديمة اللون، وتصاب بالموت والجفاف.



# الفصل الخامس

## تلوث الماء وعلاجه





بسبب خاصية الماء الفريدة، وهى قدرته الفائقة على إذابة المواد الصلبة، فإن لا توجد مياه نقية نقاء مطلقا على سطح الأرض، فكل المياه على سطح الأرض هى فى الواقع محاليل مائية متفاوتة التركيب الكيميائى والتركيز أيضا.

وأكثر المواد الصلبة الذائبة فى المياه هى كلوريد الصوديوم أو ملح الطعام والذي أسماه الكيميائيون العرب فى العصور الوسطى باسم الملح الحلو (وأطلقوا على السكر اسم الملح الهندى).

وما دامت كل المياه، بما فيها مياه الأمطار، هى محاليل مائية لاملاح وغازات متنوعة. فالمشكلة تتركز فى تحديد نوعية المياه (أو المحاليل الكيميائية) وصلاحياتها للأغراض المختلفة كالشرب والرى والصناعة... إلخ، فلكل مجال من هذه المجالات نوعية معينة من الماء تصلح لها وقد لا تصلح لغيرها بنفس الدرجة.

وقد دأب الإنسان ومنذ قرون عديدة على التخلص من النفايات الصلبة والسائلة المتخلفة عن نشاطاته المتنوعة، وذلك بإلقائها فى مياه الأنهار أو البرك. ولكن كثير من هذه المخلفات خواص سامة.

ولم يكن الإنسان فريدا فى هذا السلوك، فمياه الأمطار والسيول تذيب الأملاح وتمحرف التربة وتسحب مكوناتها الصلبة غير الذائبة وتلقيها فى الأحواض المائية كالبحار والبرك والأنهار.

وقد تكونت ملوحة مياه البحار فى الزمن الماضى بهذا الأسلوب، حيث يفترض أن مياه البحار كانت فى البدء مياه عذبة نقية، ثم جلبت مياه الأمطار إلى تلك البحار الأملاح المتنوعة من فوق سطح الأرض اليابسة... وشيئا فشيئا تكونت ملوحة مياه البحار بصورتها الحالية.

## تلوث الماء:

يقصد بتلوث الماء إضافة مكونات مادية إليه أو رفع درجة حرارته، بحيث يجعله ضارا للإنسان والحيوان والنبات والأحياء المائية بصفة عامة.

فالمياه الملوثة هى مياه تحتوي على مواد غير مرغوب فيها، سواء كانت هذه المواد أملاحا سامة أو غير سامة، مواد ذائبة أو غير ذائبة، عضوية أو غير عضوية . . إلخ؛ وذلك بسبب إضافة مياه الصرف الصحى أو المبيدات الحشرية ومبيدات الأعشاب والقوارض. وغيرها من المركبات الكيميائية المتخلفة عن النشاطات الصناعية والزراعية للإنسان. وتؤدى هذه المواد المضافة إلى الماء إلى تغير الصفات الفيزيائية والكيميائية للماء وتسممه وتقضى على الأحياء المائية فيه. وإذا وصلت هذه الملوثات، بطريقة مباشرة أو غير مباشرة إلى جسم الإنسان أو الحيوان أو النبات أصابته بالضرر، سواء ظهر ذلك الضرر عاجلا أم آجلا.

ولا يقتصر تلوث الماء على التلوث الكيميائى، بل يشمل أيضا التلوث البيولوجى بمعنى احتواء المياه على كائنات عضوية مجهرية حية أو ميتة وتسبب الضرر للإنسان والحيوان الذى يستخدم تلك المياه الملوثة سواء للشرب أو الاستحمام أو فى أى غرض من أغراض الحياة.

## صلاحية المياه للشرب:

يجب الحصول على المياه التى تستخدم للاستهلاك الأدمى من مصادر مناسبة غير ملوثة، ويجب فحص تلك المياه للتأكد من صلاحيتها للشرب سواء من الناحية الكيميائية أو البيولوجية (احتوائها على البكتريا والفيروسات) وأن تكون مياهها راقية خالية من العكارة.

كذلك يجب فحص الخواص الطبيعية لمياه الشرب مرة كل أسبوع على الأقل، وأن تحتوي المياه على أقل قدر ممكن من العكارة واللون والرائحة والطعم وأن تكون خالية من الأملاح الضارة بصحة الإنسان.

وفى حالة المياه المستخدمة فى الأغراض الصناعية يجب أن تكون هذه المياه عديمة الرائحة وخالية من المواد الصلبة العالقة أو العائمة، وأن تكون المياه مشبعة بالأكسجين، وألا يقل تركيز الأكسجين الذائب فى الماء عن مليجرام واحد لكل لتر من الماء (كمتوسط يومى) وأن يتراوح رقمها الهيدروجينى من ٥ إلى ٩، ودرجة حرارتها حوالى ٢١ درجة مئوية. وألا تزيد المواد الصلبة الذائبة فى الماء عن ٧٥٠ مليجرام لكل لتر من الماء (كمتوسط شهرى).

والمياه المستخدمة فى الاستحمام يجب أن تكون رائقة وخالية من الشوائب، وألا تقل كمية الأكسجين الذائب فيها عن مليجرام لكل لتر ماء. وأن تكون خالية من البكتريا.

ويجب ألا يقل تركيز الكلور فى مياه الحمامات عن ٤,٠ جزء فى المليون بصفة مستمرة فى أثناء استخدام مياه الحمامات فى السباحة.

#### **المواد الملوثة للمياه**

هناك عدد من المواد الملوثة للمياه إذا أضيفت إليها مثل :

١ - مياه الصرف الصحى .

٢ - الأحياء المجهرية المسببة للأمراض .

٣ - المركبات الكيميائية .

٤ - المواد المعدنية الصلبة .

٥ - المواد المشعة .

٦ - الحرارة .

#### **١. التلوث بمياه الصرف الصحى ومخلفاته:**

تعد مياه الصرف الصحى ومخلفاته، والتى يعوزها الأكسجين الذائب، من أكثر المواد الملوثة للمياه، وذلك لاحتوائها على العديد من الملوثات الكيميائية والبيولوجية (البكتريا والفيروسات المسببة للأمراض).

وتحتوى مخلفات الصرف الصحى على كميات كبيرة من المواد الكربوهيدراتية والتي يمكن أن تؤكسدها الاحياء المجهرية إلى ثانى أكسيد الكربون والماء. ويمكن تقدير التلوث بمخلفات الصرف الصحى بحجم أو كمية جزيئات الاكسجين اللازمة للبكتريا الهوائية كى تحلل هذه المواد الملوثة.

وكلما زادت كمية الاكسجين التى تستهلكها البكتريا التى تقوم بتحليل وتفكيك المواد العضوية فى مخلفات الصرف الصحى، دل ذلك على شدة التلوث أو وفرة المواد الكربونية الملوثة للماء.

وهناك وحدة قياسية تستخدم فى هذا الشأن، وهى كمية الاكسجين الذائبة فى الماء والتى تستهلكها البكتريا فى اثناء أكسدتها وتفكيكها للمواد الملوثة للماء خلال خمسة أيام، وتقدر عادة بالمليجرام. وتعرف فى اللغة الإنجليزية باسم.

#### 5 - day BOD (Bacterial Oxygen Demand test)

وواضح أنه كلما قلت الملوثات فى المياه احتاج الأمر إلى مجهود محدود نسبيا من البكتريا لاكسدة وتحليل تلك الملوثات إلى مواد بسيطة مثل الماء وثانى أكسيد الكربون وغيرها، والعكس صحيح.

أما المياه شديدة التلوث فإنها تحتاج إلى مجهود بكتيرى أكبر فى تحليل هذه الملوثات المركبة إلى مواد أبسط. ومن ثم تقل كمية الاكسجين الذائبة فى هذه المياه، حيث تستهلكها البكتريا فى عملها هذا (وهى بكتريا هوائية أى تحتاج إلى الاكسجين).

وتصبح المياه عتنة إذا انخفضت فيها نسبة الاكسجين الذائب انخفاضاً شديداً.

وعادة لا يقل تركيز الاكسجين الذائب فى الماء عن ٥ مليجرام/ لتر. وتزيد هذه النسبة فى المياه الباردة، وبخاصة فى الأماكن التى تضع فيها الأسماك بيضها. حيث يصل تركيز الاكسجين الذائب فى هذه المواقع إلى ٧ مليجرام لكل لتر.



وتوصف المياه بأنها مشبعة بالأكسجين إذا وصل فيها تركيز الأكسجين الذائب في الماء إلى حوالي ٩,٢ مليجرام/ لتر عند درجة حرارة نحو ٢٠°م (٦٨ فهرنهايت).

وفي حالة عدم كفاية الأكسجين الذائب في الماء للبكتيريا التي تقوم بتحليل المواد العضوية الملوثة، فإنه يمكن الحصول على الأكسجين من أملاح الترات وأملاح الكبريتات الذائبة، وذلك بتفكيكها. وينبعث خلال ذلك غازات ذات روائح غير مرغوب فيها مثل غاز كبريتيد الهيدروجين ذو الرائحة المميزة والتي تشبه رائحة البيض الفاسد. فانبعاث هذا الغاز يعنى تحلل المركبات العضوية المحتوية على الكبريت بواسطة الأحياء المجهرية. . وهى عملية تتم بصورة تلقائية فى مياه الصرف الصحى ومياه البرك والمستنقعات... إلخ.

ويدل انبعاث غاز كبريتيد الهيدروجين من مياه الصرف الصحى والبرك والمياه الراكلة الملوثة وغيرها يدل ذلك على عدم كفاية الأكسجين الذائب فى هذه المياه لاحتياجات البكتريا التي تحلل بصورة تلقائية المركبات العضوية الملوثة لتلك المياه.

وفي حالة وجود كمية مناسبة من الأكسجين الذائب فى الماء الملوث فإن الأحياء المجهرية تقوم بتحليل معظم المركبات العضوية إلى مواد بسيطة، ومن ضمن تلك المواد التى تتعرض للتحليل أملاح الترات وأملاح الحديدوز والكبريتيدات وغيرها.

وهناك مركبات كيميائية مؤكسدة قوية مثل برمنجانات البوتاسيوم يمكنها أن تؤكسد وتحلل مواد عضوية يصعب تحللها بالمؤكسدات العضوية. ولذا تستخدم برمنجات البوتاسيوم فى تطهير بعض المواد الملوثة أحيانا.

وفي واقع الأمر فإن عمليات تنقية وتطهير المياه بالمؤكسدات العضوية، يعد فى حد ذاته تلوثا إضافيا للماء، حيث إن هذه المؤكسدات العضوية (الأحياء الدقيقة) تستهلك الأكسجين الذائب فى الماء، ومن ثم يصبح الماء خاليا من الأكسجين أو يعانى نقصا فيه، ويؤدى ذلك إلى الإضرار بالأحياء المائية مثل الأسماك فى تلك المياه، هذا بالإضافة إلى تغير طعم ورائحة ولون المياه المتقاة بهذا

الاسلوب بسبب تولد مواد كيميائية تسبب هذه التغيرات فى لون وطعم ورائحة المياه.

## ٢. الأحياء المجهرية المسببة للأمراض:

تعد المياه المستعملة والمخلفات السائلة لسكان المدن والمستشفيات ومدافع الجلود والسلخانات. يعد كل ذلك مصدرا للبكتريا والفيروسات التى تسبب الأمراض المختلفة للإنسان والحيوان إذا تعرض لها

ويعود السبب فى ذلك إلى أن مجتمع ما كبيرا أو صغيرا، لا يخلو عادة من وجود أشخاص مرضى أو حاملين للأمراض. ويحتوى براز هؤلاء المرضى أو حاملى المرض، وكذلك مخلفاتهم السائلة الأخرى، على أحياء مجهرية نباتية أو حيوانية، وتنطلق تلك الأحياء المجهرية فى مياه الصرف الصحى وتعد من أخطر ملوثات المياه.

وهناك العديد من الأمراض المعدية التى تصيب الإنسان والحيوان من خلال المياه المستعملة بواسطة أشخاص مصابين بالأمراض أو حاملين لها.

وليست كل الأمراض المعدية تأتى وتصيب الإنسان عن طريق استعماله لمياه مستخدمة وملوثة.

وفيما يلى أمثلة للأمراض المعدية التى تنتقل من خلال المياه المستعملة الملوثة.

### أ- أمراض معدية تنتقل من الحيوان إلى الإنسان:

#### ١ - التيفانوس (الكزاز):

ينتقل هذا المرض من الحيول إلى الإنسان بواسطة غائط الحيوان الذى يحمل المرض فإذا لامس هذا الغائط جرحا فى جسم الإنسان انتقل على الفور إلى جسم الإنسان من خلال هذا الجرح.

#### ٢ - الطاعون الدملى Bubonic Plague:

يمكن أن ينتقل هذا المرض من القوارض البرية بواسطة البراغيث التى تعيش فى فروة هذه الحيوانات وتنطفل على دماها وينقل الطاعون مع الدم إلى جسم

البرغوث. ويصبح حاملا له. فإذا وجد هذا البرغوث الملوث طريقة إلى جسم الإنسان بصورة أو بأخرى وتطفل - كعادته - على دم الإنسان، نقل إليه الطاعون.

### ٣ - الجمرة الفحمية أو الخبيثة Anthrax:

قد تنتقل هذه الجمرة إلى الإنسان من الحيوانات العاشبة (أكلة العشب) المصاب بها، ولذلك تكثر هذه الجمرة فى الأشخاص المخالطين والمحتكين بالحيوانات العاشبة سواء فى المراعى أو مزارع تربية الحيوانات وغيرها.

### ٤ - السعار أو مرض الكلب Rabies:

يصاب الإنسان بالسعار أو مرض الكلب وهو مرض قاتل إذا عضه حيوان مسعور (أى مصاب بالسعار).

### ٥ - الدرن البقرى Bovine tuberculosis:

ينتقل هذا المرض من الأبقار المصابة إلى الإنسان إذا تناول لحوم أو ألبان تلك الأبقار، أو حتى بواسطة الهواء الجوى.

### ٦ - حمى الأدغال الصفراء Jungle yellow fever:

تنتقل هذه الحمى من القردة المصابة بها إلى الإنسان بواسطة البعوض، الذى يتغذى على دماء تلك الحيوانات، ومن ثم يصبح حاملا لهذا المرض، فإذا تعرض الإنسان إلى لدغات تلك البعوض الحامل للمرض أصيب به.

### ٧ - التهاب الدماغ النخاعى Encephalitis:

هناك أنواع عديدة من التهابات الدماغ النخاعية قد تجد طريقها من الطيور والدجاج بواسطة البعوض.

ب - أمراض معدية تصيب الإنسان وتحتاج الميكروبات المسببة لها إلى عائل آخر غير الإنسان لتستقر فى جسمه بعض الوقت قبل أن تنتقل إلى إنسان آخر ومثال ذلك:

## ١ - البلهارسيا:

تعد البلهارسيا من الأمراض الخطيرة والمتشرة في كثير من بلدان العالم،  
وزيد عدد المصابين بها عن ١٥٠ مليون شخص في أفريقيا وآسيا وأمريكا الجنوبية  
وغيرها.

والبلهارسيا مرض متوطن في مصر واليمن وغيرها وهو من أكثر الأمراض  
المتشرة في وادى النيل، وقد عرفه المصريون القدماء، وعرفوا الدودة المسببة له  
وأطلقوا عليها اسم (حرو) وأنها تسبب مرض البول المدمم - وقالوا إن هذا الدود لا  
يقتله أى علاج، وإن كانوا قد وصفوا له العديد من الوصفات الطبية المدونة في  
البرديات الطبية الفرعونية (انظر مثلاً بردية إيبيرس الطبية - الوصفة رقم ٦٢  
وغيرها)، ويقول الدكتور حسن كمال - أن المقصور بكلمة (حرو) في الوصفه  
الطبية رقم ٦٢ من بردية إيبيرس الفرعونية، هو دود البلهارسيا<sup>(١٣)</sup>.

وتحتوى البرديات الطبية الفرعونية على وصفات عديدة لعلاج وطرد ثعبان  
البطن، والدودة الشريطية، والدوستاريا وغيرها - انظر كتاب الطب المصرى القديم  
- الجزء الثانى للدكتور حسن كمال (١٩٦٥) (١٣).

نعود إلى البلهارسيا، وهى ديدان صغيرة، يتراوح طول الذكر فى ديدان  
بلهارسيا المجارى البولية من ١٠ إلى ١٥ ملليمتر وعرضها ٢,٠ ملليمتر، أما ديدان  
بلهارسيا المستقيم فهى أقل طولاً إذ يبلغ طول الذكر نحو ٧ مم، والأنثى ١٤ مم.  
وعندما تضع هذه الديدان البيض فى جسم الإنسان ويخرج البيض إلى الخارج مع  
البول أو البراز ويحتوى هذا البيض على يرقات كاملة التكوين تسمى الميراسيديوم،  
وإذا وجد هذا البيض طريقه إلى الماء امتص بعض الماء وفقس ويخرج منه  
مبراسيديوم مغزلى الشكل، ويبحث هذا الميراسيديوم عن عائل له وهو قوقع يسمى  
بولينس فى حالة بلهارسيا المجارى البولية، أو قوقع حلزوني منبسط يسمى  
بيومفلاريا فى حالة بلهارسيا المستقيم. ويعيش الميراسيديوم فى الماء مدة لا تزيد عن  
٣٦ ساعة يهلك بعدها إذا لم يعثر على العائل المشار إليه آنفاً، أما إذا صادفه فإنه  
يخترق جسمه حتى يصل إلى التجويف التنفسى للقوقع ويتحول فيه إلى كيس

جرثومي أنبويي مستطيل يسمى الأسبوروسيست، وتنقسم الخلايا الجرثومية بداخل الكيس انقسامًا متكررًا وتتج جيلًا آخر من الأسبوروسيست، يهاجر إلى كبِد القوق، حيث يواصل الانقسام ويتولد من ذلك نوع جديد من اليرقات يسمى السركاريا طولُه نحو ٠,٥ مم، ويتركب من جسم بيضى وذيل طويل يبلغ طولُه ضعف طول الجسم البيضى، ويغضى جسم السركاريا أشواك صغيرة.

وتعتبر السركاريا هى الطور المعدى فى البهارسيا إذ إنها تترك جسم القوق وتسبح فى الماء حتى تصادف الإنسان وهو عائلها النهائى فتخترق جسمه وترك ذيلها فى الخارج وتسبح فى تيار الدم حتى تصل إلى القلب الذى يدفعها إلى الرئتين، وتعود إلى القلب الذى يدفعها فى الدورة الدموية العامة إلى أعضاء الجسم، وتكون قد تحولت إلى ديدان صغيرة، يعيش منها الذى يصل إلى الكبِد. وقد تصل هذه الديدان إلى الكبِد من طريق آخر غير الدورة الدموية، إذا يمكنها أن تخترق أنسجة الرئة إلى التجويف البلورى للجسم ثم تصل إلى الكبِد بعد اختراقها للحجاب الحاجز، وتنمو هذه الديدان فى الكبِد، ثم تترك الكبِد وتتجه إلى الوريد البابى وفروعه وتستقر فيها وتضع البيض... وهكذا.

وتحدث العدوى بالسركاريا إذا خاض الإنسان فى مياه ملوثة بهذه اليرقات أو اغتسل بهذا الماء أو شربه. وفى الحالة الأخيرة يصاب الإنسان بالعدوى إذا اخترقت السركاريا أغشيه الفم ووصلت إلى تيار الدم، أما إذا وصلت إلى المعدة فإنها قد تهلك بتأثير عصارة المعدة الحامضية.

## ٢ - الحمى الصفراء:

تنتقل إلى الإنسان بواسطة البعوض.

## ٣ - Hookworm:

تنتقل هذه الديدان من التربة، حيث تخترق جسم الإنسان إذا لامسته.

## ٤ - الملاريا:

تنتقل إلى الإنسان بواسطة البعوض.

## ٥ - حمى التيفوس:

تنتقل إلى الإنسان بواسطة القمل.

جـ- عدوى تعيش مسيبتها وتكاثر في البيئة الخارجية، وتنتقل من شخص لآخر ومنها:

١ - الكوليرا وحمى التيفود والدوسنتاريا وشلل الأطفال والتهاب الكبد الوبائي ... إلخ وهي أمراض تنتقل إلى الإنسان إذا شرب ماء أو أكل طعاما ملوثا.

٢ - الأمراض التي تسببها الميكروبات العنقودية والميكروبات السبحية والتي تنتقل إلى الإنسان من خلال الأطعمة الملوثة أو بتنفس هواء ملوث بهذه الميكروبات.

## ٣- الجذري:

يصاب الإنسان بالجذري إذا استنشق هواء ملوثا بهذا المرض، خصوصا إذا كان الهواء يحمل ذرات غبار ملوثة.

## ٤ - أمراض تسيبها فيروسات Coxsackie and ECHO:

ويصاب الإنسان بهذه الأمراض إذا شرب ماء ملوثا بتلك الفيروسات.

وكثير من الأمراض الوبائية الشائعة التي تصيب الإنسان بصفة متكررة تنتقل إلى الإنسان من خلال الماء الملوث ومثال ذلك الكوليرا والتيفود.

ويلزم لتقدير ومعرفة الأحياء الدقيقة (المجهريّة) التي تنقل الأمراض إلى الإنسان من المياه الملوثة، تحليل عينات ممثلة تمثيلا جيدا للمياه الملوثة ويتم ذلك التحليل بطرق مختلفة ويتكاليف كبيرة عادة. وتعتمد هذه التحاليل على تقدير ما يسمى بالعدد الأقصى المحتمل Most probable number MPN للأحياء المجهريّة في عينة المياه.

وهناك بكتيريا عصوية الشكل تسمى *Escherichia coli* تعيش في أمعاء الإنسان والحيوان، وتخرج هذه البكتيريا بكميات كبيرة في براز الإنسان والحيوان.

ويقدر ما يخرج من تلك البكتريا فى البراز (على أساس مرة واحدة فى اليوم) يوميا بنحو ١٢٥ إلى ٤٠٠ بليون خلية بكتيرية واحدة من تلك الاحياء المجهرية.

وتموت معظم البكتريا فى مياه الصرف الصحى وغيرها، فإذا عولجت تلك المياه بوسائل مناسبة ماتت معظم تلك البكتريا.

كذلك تموت معظم البكتريا إذا وصلت إلى مياه الشرب خلال عمليات تنقية وتطهير تلك المياه.

وعلى الرغم من أن كثيرا من أنواع البكتريا غير ضار وغير مسبب للأمراض. إلا أن وجودها فى مياه الشرب ووفرته، يعد مقياسا ودليلا على مدى كفاءة ونجاح عمليات معالجة المياه وتنقيتها؛ لأن عمليات معالجة مياه الشرب من شأنها أن تقتل كل البكتريا، الضارة والنافعة على السواء، ومن ثم فإن وجود بكتريا غير ضارة فى مياه الشرب يعد مؤشرا ودليلا على وجود بكتريا ضارة فى تلك المياه، حتى ولو لم تظهر فى العينات المفحوصة.

### ٣. المركبات الكيميائية:

كثير من المركبات الكيميائية الملوثة للمياه هى فى الواقع مغذيات للنباتات، مثل الأسمدة الكيميائية وهى مركبات نتروجين ومركبات فوسفور.

ويتسرب جزء من تلك الأسمدة إلى المياه السطحية وتزيد وتحفر مركبات النتروجين ومركبات الفوسفور من نمو الطحالب فى المياه السطحية.

وعندما يزيد نمو الطحالب فى المياه يقل تركيز الأكسجين الذائب فى الماء، ويقلل ذلك من جودة المياه وصلاحيتهما للاستهلاك الأدمى، وتزيد من تكلفة معالجة المياه حتى تصبح صالحة للاستخدام الأدمى أو حتى الصناعى.

وتحتاج الطحالب للنمو إلى عدد من المغذيات المعدنية مثل:

- ثانى أكسيد الكربون.

- البورون .
- المنجنيز .
- الحديد .
- الفوسفور .
- النتروجين .
- الكوبالت .
- الفيتامينات .
- الهورمونات وغيرها .

ويرى بعض العلماء أن إزالة أى من المواد المغذية للطحالب من الماء الذى تعيش فيه تلك الطحالب، يؤدى إلى إعاقة أو وقف نمو تلك الطحالب . ولا يعرف حتى الآن ماهى المغذيات التى إذا أزيلت أدت إلى وقف نمو الطحالب فى الماء . ويرى بعض العلماء أنه الفوسفور، ويرى آخرون أنه النتروجين وربما غيرهما من المغذيات المذكورة آنفا .

وهناك العديد من المركبات الكيميائية العضوية أو غير العضوية التى تضاف إلى المياه على سطح الأرض سنويا بفعل النشاط البشرى أو بفعل العوامل الطبيعية .

وتقدر تركيزات المركبات الكيميائية فى المياه بالجزء فى المليون ppm (بالوزن) أو بالمليجرام فى اللتر .

وبعض هذه المركبات الكيميائية سام للأسماك حتى لو كانت فى تركيزات منخفضة جدا . فالفيتول مثلا سام للأسماك حتى لو وجد فى الماء بتركيز جزء واحد فى المليون .

ويظهر الأثر السام للمركبات الكيميائية الملوثة للمياه على الأسماك على المدى البعيد .



وتأتى خطورة المركبات الكيميائية السامة، والتي تضاف كميات كبيرة منها سنويا إلى المياه. فى أن تأثيراتها السامة على البيئة المائية لا تظهر أحيانا إلا بعد أن تكون قد دمرت البيئة المائية بأحيائها أو كادت.

وتعد مركبات الزئبق من أكثر الكيماويات تدميرا للبيئة المائية. وتستخدم مركبات الزئبق فى عدد كبير من الصناعات، ويتخلف من تلك الصناعات مياه ملوثة بمركبات الزئبق. وتلقى معظم المصانع فى العالم كله المياه المستعملة فى الصناعة وتحتوى على مركبات الزئبق وغيره، فى البحار والمحيطات والأنهار.

وهناك بكتيريا لا هوائية، تعيش فى طين القاع فى البحار والأنهار والترع، يمكنها أن تحول مركبات الزئبق غير العضوية إلى مركبات عضوية للزئبق مثل ميثيل الزئبق  $(CH_3 Hg^+)$

ويرتكرز ميثيل الزئبق فى أجسام الأسماك والقواقع وغيرها من الأحياء المائية، وتصبح ملوثة سامة وتسبب من يأكلها من البشر بالتسمم الزئبقي شديد الخطورة.

وقد تلوث المياه السطحية أو الجوفية بالمياه الحامضية والتي تحتوى على حمض الكبريتيك إذا أضيفت إلى تلك المياه مياه الصرف الحامضية من المناجم العاملة أو المهجورة، حيث يذوب معدن البيريت (كبريتيد الحديد) الشائع الانتشار فى الصخور، يذوب هذا المعدن جزئيا فى المياه فى المناجم، وعند تعرض تلك المياه إلى الأكسجين وعوامل مؤكسدة أخرى تتحول المياه الكبريتية إلى حمض الكبريتيك الذى قد يجد طريقه فى النهاية إلى المياه الجوفية أو السطحية فيلوثها.

#### ٤. المواد المعدنية الصلبة:

تعد المواد المعدنية الصلبة ملوثة للبيئة المائية، وتشمل هذه المواد الأتربة التى تذروها الرياح من سطح الأرض، أو التى تجرفها المياه السطحية الجارية من التربة الزراعية وغيرها وتسببها فى نهاية المطاف فى الأجسام المائية السطحية وتتجمع تلك المواد المعدنية الناعمة فى القنوات المائية والخزانات وغيرها من الأجسام المائية، ولهذه المواد المعدنية تأثير سلبي على توريينات توليد الكهرباء ومضخات المياه... إلخ.

ومعظم المواد المعدنية الصلبة لا تذوب فى الماء بل تظل معلقة فيه، وبخاصة عندما تكون فى أحجام دقيقة ويؤدى ذلك إلى تكبير الماء. وتقلل تلك العكارة من نفاذ أشعة الشمس إلى داخل الأجسام المائية واللازمة لحياة النباتات المائية. وتسد مرشحات المياه، وقد تغطى أعشاش الأسماك وتردم بيض الأسماك ومصادر غذاء الأسماك كذلك وينعكس ذلك سلبا على الثروة السمكية للأجسام المائية السطحية فى كثير من المواقع.

وهناك إحصائيات طريفة فى هذا الشأن تبين أن مياه الأنهار تنقل سنويا إلى البحار والمحيطات حوالى ٩,٣ بليون طن من مكونات سطح الأرض. وقد زادت هذه الكمية بعد تدخل الإنسان ووصلت إلى حوالى ٢٤ بليون طن. مما يعنى أن سطح القارات (الذى يغطى حوالى ٢٨٪ من سطح الأرض تقريبا) ينخفض بمعدل قدره ٥,٨ سم كل ألف سنة (ومعروف أن الإنسان يستخرج بعض رواسب البحار وينقلها إلى القارات).

#### ٥. المواد المشعة:

يسبب النشاط الإشعاعى تلوثا إشعاعيا خطيرا للمياه. ويأتى ذلك بسبب النشاط الإشعاعى الناتج من المواد المشعة فى مخلفات المناجم التى تحتوى على معادن اليورانيوم والثوريوم وغيرهما من العناصر الكيميائية المشعة، ومن المحطات النووية ومن الصناعات الطبية والعلمية... إلخ.

وتأتى خطورة المواد المشعة فى كونها مدمرة لصحة الإنسان والحيوان والنبات والبيئة بصفة عامة، خاصة إذا كانت فى جرعات كبيرة مركزة ولفترات طويلة متصلة، حيث تصيب هذه الإشعاعات أجسام الكائنات الحية بالتشعع الداخلى وتكوين بؤر متأينة تؤدى للإصابة بالأمراض الخبيثة، وتؤدى كذلك إلى حدوث التشوهات الخلقية فى ذرية المتعرضين للإشعاعات نتيجة حدوث طفرات وتغيرات غير عادية فى جينات الوراثة فى الكائن الحى.

## ٦. الحرارة:

تستخدم كميات كبيرة من المياه في تبريد محطات توليد الطاقة الكهربائية وغيرها، فترتفع درجة حرارة هذه المياه، فإذا وجدت هذه المياه الحارة طريقها إلى المياه السطحية كالأنهار والبحيرات فإنها ترتفع من درجة حرارة مياهها حتى أن درجة حرارة مياه بعض الأنهار تصل إلى ٤٠ درجة مئوية مما يجعل حياة الأسماك فيها أمرا مستحيلا. مما يعنى أن التلوث الحرارى للمياه السطحية قد يقضى على الحياة المائية فى هذه المياه.

### مصادر تلوث المياه:

هناك العديد من المصادر التى تلوث المياه منها:

- ١ - المياه المستعملة فى الأغراض المنزلية.
- ٢ - المياه المستعملة فى الأغراض الصناعية.
- ٣ - المياه المستعملة فى الأغراض الزراعية.
- ٤ - المياه المستعملة فى السفن.

### (١) المياه المستعملة فى الأغراض المنزلية:

وتشمل المياه المستعملة فى المنازل والمحلات التجارية والمستشفيات والمصالح الحكومية والمدارس والجامعات وغيرها فى المدن والقرى. وتتجمع تلك المياه التى تحتوى على مركبات كيميائية عديدة ومتنوعة من خلال شبكات الصرف الصحى إلى محطات معالجة وتنقية تلك المياه المستعملة.

### (٢) المياه المستعملة فى الأغراض الصناعية:

توجد هذه المياه فى مواقع المراكز الصناعية، ويتوقف تركيب المياه المستعملة، ومن ثم نوع ودرجة تلوثها، على نوع الصناعة والمواد المستخدمة فيها. وتعد المياه المستعملة فى الأغراض الصناعية ملوثات خطيرة للمياه والبيئة بصفة عامة. ذلك أن معظم تلك المياه تكون محملة بكميات كبيرة من المركبات الكيميائية العضوية وغير العضوية والبيولوجية الضارة بصحة المياه والبيئة كلها.

وتشكل المياه المستعملة فى الصناعة فى المدن والمراكز الصناعية نسبة عالية من مياه الصرف الصحى فى تلك المواقع ، وذلك بسبب صرف مياه المصانع المستعملة فى شبكات الصرف الصحى .

وتعانى الأنهار فى كثير من دول العالم، ومنها نهر النيل ، من التلوث بالمياه المستعملة فى النشاطات الصناعية، حيث تصب تلك المصانع والتي تقام عادة بالقرب من تلك الأنهار، تصب مخلفاتها المائية فى مياه الأنهار كطريقة سهلة ورخيصة .

وتحتوى المياه المستعملة فى الصناعة على مركبات كيميائية مثل التى تستخدم فى الصناعة ذاتها مثل صناعة البتروكيمياويات وصناعة الأسمدة الكيميائية، ومحطات تكرير البترول، وصناعة الورق، والمطاط والنسيج والسكر والحديد والصلب والبويات والصناعات الدوائية والصناعات الغذائية وغيرها .

وتحتوى المياه المستعملة فى تلك الصناعات عادة على العديد من الفلزات الثقيلة مثل النحاس والزنك والرصاص والزرنيق والكاديوم وغيرها وكذلك على المنظفات الصناعية والمذيبات العضوية والبتترول والأحماض والقلويات والفينولات والكحولات والسيانيدات والزرنيخات والكلوريدات والكبريتات وغيرها من المركبات الكيميائية العضوية وغير العضوية السامة .

وكل المركبات الكيميائية المتخلفة عن النشاط الصناعى والتي تتركز فى المياه المستعملة فى هذا النشاط الصناعى سامة للإنسان والحيوان، وكثير منها يفضى إلى الموت أو إتلاف الكبد والكلية والجهاز العصبى والجهاز التنفسى والجهاز الهضمى فى كل الكائنات الحيوانية الحية .

فالكلور الذى يضاف إلى المياه المستخدمة فى أنظمته التبريد فى محطات توليد الطاقة الكهربائية وذلك لغرض الحد من نمو وتكاثر الطحالب والبكتريا فى هذه المياه، يؤدى هذا الكلور عندما يجد طريقه إلى الأجسام المائية السطحية من خلال المياه المستعملة إلى قتل البلاكتون والأسماك .

وهناك مناطق عديدة فى كل القارات أضررت فيها الثروة السمكية فى الأنهار بسبب صب المياه المحملة بالكlor في تلك الأنهار .

والزئبق كما ذكرنا أتفا عنصر كيميائي سام جدا مثله مثل الرصاص والكاديوم وغيرها . ويشكل الزئبق ناتجا جانبيا فى صناعة كلوريد الفينيل Vinyl Chloride الذى يستخدم فى صناعات كيميائية عديدة .

كذلك يتكون الزئبق كناتج ثانوى فى العديد من النشاطات الصناعية ومحارق القمامة incinerators ومحطات توليد الطاقة والمختبرات العلمية وحتى المستشفيات .

وهناك حوادث تسمم بالزئبق مشهورة مثل تلك التى وقعت فى اليابان من خمسينيات القرن العشرين إثر تناول الصيادين أسماك وأكلات بحرية مسممة بالزئبق (ميشيل الزئبق) والناتجة عن بعض الصناعات اليابانية التى كانت تصب مياهها المستعملة فى البحر .

وقد أصيب اليابانيون الذين تناولوا الأسماك والمحاريات المسممة بالزئبق بالشلل ومرض قاتل أطلقوا عليه اسم مرض ميناماتا Minamata disease نسبة إلى خليج ميناماتا الذى حدث فيه هذه الحادثة .

وشملت أعراض مرض ميناماتا فقدان الحس والحركة فى الأطراف وفى الشفتين واللسان وعدم التحكم فى قيادة السيارات، وفقدان السمع، وعدم القدرة على الرؤية بوضوح ثم تحلل خلايا المخ والإصابة بالإغماء ثم الموت .

وقد مات بهذا المرض فى اليابان سبعة عشر شخصا وأصيب بالعجز التام ثلاثة وعشرون شخصا .

### تلوث مياه الأنهار:

وقد تلوث مياه العديد من الأنهار فى العالم بسبب صرف المياه المستعملة فى الصناعة فى تلك الأنهار، ومثال ذلك نهر النيل

وفي الهند تلوث مياه الأريفة عشر نهرا الكبرية بسبب صرف المياه المستعملة فيها.

ويحتوى اللتر الواحد من مياه نهر يدعى كوم Cooum فى منطقة مدراس ،  
والذى تلوث بشدة بسبب صرف مجارى الصرف الصحى فيه ، تقول يحتوى اللتر  
الواحد من مياه هذا النهر على الملوثات المعدنية التالية :

٩٠٠ مليجرام حديد .

٢٧٥ مليجرام رصاص .

١٣١٣ مليجرام نيكل .

٣٢ مليجرام زنك .

هذا بالإضافة إلى كميات كبيرة من أملاح الفوسفاتات والسيليكات والنترات  
وغيرها<sup>(١)</sup>.

### ٣. التلوث بالمياه المستعملة فى الأغراض الزراعية:

تحتوى مياه الصرف من الحقول الزراعية على بقايا أسمدة كيميائية متنوعة  
ومواد معدنية من التربة الزراعية ، بالإضافة إلى مخلفات حيوانات المزرعة .  
وتتجمع هذه المياه فى قنوات الصرف وقد تمجد طريقها إلى الأجسام المائية السطحية  
أو الجوفية وتلوثها . أما مخلفات حيوانات المزرعة (روث البهائم وبولها) فتعد هى  
الأخرى ملوثات للبيئة خصوصا إذا تواجدت هذه المخلفات بكميات كبيرة كما هو  
الحال فى مزارع تربية المواشى والمعالف والمجازر وغيرها .

### ٤ . مياه ومخلفات السفن:

هناك تقديرات مختلفة لعدد السفن والمراكب التى تبحر فى المياه على سطح  
الأرض . وتشير بعض التقديرات إلى وجود ١٥ مليون سفينة ومركب مختلفة  
الأحجام تبحر فى البحار والمحيطات وكل الأجسام المائية السطحية المناسبة  
للإبحار .

ويقدر ما تلقيه تلك السفن من مخلفات سائلة وغائط وغيرها فى المياه العالمية والمحلية كلها بما يعادل مخلفات مدينة يقطنها مليونين من البشر .

وتحتوى مياه السفن هذه على المخلفات الأدمية لمستخدمى تلك السفن بالإضافة إلى البترول المتسرب من تلك السفن .

وتزداد خطورة هذه المخلفات فى تلويث المياه فى حالة الأنهار والبحيرات العذبة مثل نهر النيل، حيث تلقى السفن والمراكب التى تبحر فى النيل للأغراض السياحية أو النقل وغيرها، وكذلك العوامات الدائمة، تلقى كلها بمخلفات مستخدميهما فى ماء النيل، فيزداد تلوثنا على تلوثه .

وتعد المخلفات البترولية أخطر الملوثات، خصوصا تلك المتسربة من ناقلات البترول أو التى تجد طريقها إلى مياه البحار والمحيطات إثر حوادث ارتطام تلك الناقلات بأجسام صلبة كالشعاب المرجانية أو أرصفة الموانئ وتحطم تلك الناقلات وتدفق حمولتها من البترول الخام إلى سطح الماء .

وبالإضافة إلى المخلفات البترولية المتسربة من السفن وناقلات البترول هناك مصدر آخر للتلوث البترولى للمياه وهى محطات تشحيم وغسيل السيارات والتى تستخدم كميات كبيرة من المياه فى غسيل السيارات وتصرف هذه المياه المستعملة مع المواد البترولية الأخرى إلى شبكات الصرف الصحى والتى تجد طريقها فى نهاية المطاف إلى الأجسام المائية السطحية كالأنهار والبحيرات والبحار . . إلخ فتلوثها .

#### **الآثار الضارة لتلوث المياه**

تسبب المياه الملوثة العديد من الأمراض للإنسان والحيوان كما أن المواد الملوثة للماء تتركز فى سلسلة الغذاء المائية، حيث تتجمع الملوثات السامة فى أجسام الأسماك والأحياء المائية الأخرى من خلال الكائنات الحية الدقيقة التى تتغذى عليها هذه الأسماك وتتقل هذه الملوثات من الأسماك إلى الإنسان إذا تغذى على الأسماك الملوثة كما تتقل الملوثات إلى الطيور التى تتغذى على الأسماك .

ومن أخطر الملوثات التى نجد طريقها إلى جسم الإنسان من خلال الأسماك والأكلات البحرية الأخرى مثل القواقع هى:

- مركبات الكلور العضوية.

- مركبات الزئبق العضوية.

- بعض المواد المشعة.

وتتلوث مياه الآبار والقنوات والترع وغيرها بمركبات التترات المتبقية من الأسمدة الأزوتية وهى مركبات قد تؤدى إلى إصابة الإنسان بالأمراض الخطيرة. وتزيد خطورة هذه المركبات السامة على الأطفال بصفة خاصة.

والجدول (٩) يوضح الآثار السامة والأمراض التى تنشأ عن استعمال المياه الملوثة.

#### **تلوث الشواطئ:**

تعد الشواطئ مناطق ترويحية هامة يقضى فيها الناس أوقاتا سعيدة تجمد نشاطهم، هذا على أساس أن مياه تلك الشواطئ نظيفة خالية من الملوثات.

فإذا تلوثت مياه الشواطئ انعدم الهدف من استغلالها كمواقع ترويحية وعادة تغلق الشواطئ أمام الزوار فى حالة تلوثها بالبكتريا أو المواد الكيميائية السامة، أو عندما تنبعث منها روائح غير مقبولة (روائح عفنة).

وفى المواقع شديدة التلوث حيث تنمو الطحالب بكثافة عالية، ثم تموت هذه الطحالب وتتجمع أشلاوها فى طبقات أو فرش تطفو على سطح الماء، وتدفعها الأمواج وتكونها على الشاطئ.

وقد تختلط أشلاء الطحالب المتجمعة على الشواطئ الملوثة مع بعض الملوثات الصلبة العائمة أيضا مثل كتل القطران التى تتخلف بعد تبخر المواد الخفيفة من بقع البترول التى تتسرب بين الحين والحين من السفن وناقلات البترول، هذا بالإضافة إلى بقع الزيت التى تدفعها الأمواج لتستقر على الشواطئ الملوثة، وفى النهاية تصبح الشواطئ ملوثة وغير صالحة للاستخدام كمواقع لقضاء فترات ممتعة.



## جدول (٩)

### الامراض التي تصيب الإنسان بفعل المياه الملوثة بالفلزات الثقيلة

الفلز	الأعراض المرضية التي تصيب الإنسان من المياه الملوثة
الزئبق	آلام في البطن، صداع، إسهال، بول دموي (بول ملهم)، وآلام في الصدر.
الرصاص	أنيميا، قيء، فقدان الشهية، التشنج العصبي، إتلاف المخ والكبد والكلى.
الزرنخ	خلل في الدورة الدموية، اضطراب عقلي، تليف الكبد، التهاب شديد في قرنية العين، سرطان الرئة، تقرح المعدة والقناة المعوية، تليف الكلية.
الكاديوم	إسهال، إعاقة النمو، تشوه العظام، تلف الكلية، ضمور خصوي، أنيميا، تلف في مركز الجهاز العصبي والكبد، ارتفاع ضغط الدم.
النحاس	ارتفاع ضغط الدم، تسمم بولي (تسمم الدم البولي)، غيبوبة، حمى متقطعة (الإصابة بالحمى على فترات متقطعة).
الباريوم	إلحاح مفرط Excessive Salivation (تكون اللعاب بصورة مفرطة)، قيء، إسهال، شلل، قولنج (مغص قولوني).
الزنك	قيء، فشل كلوي، تشنج وقي.
السليسيوم	تلف الكبد والكلى والطحال، حصى، توتر عصبي، قيء، انخفاض ضغط الدم، فقد البصر، وأحيانا الموت.
الكروم سداسي التكافؤ	التهاب الكلى، تقرح القناة المعوية - المعوية، إصابة مركز الجهاز العصبي بالمرض، سرطان.
الكوبالت	إسهال، انخفاض ضغط الدم، التهاب رئوي، تشوه في العظام، شلل.

وتتميز المياه التي تحتوى على كميات كبيرة من المواد العضوية بأنها فقيرة فى محتواها من الأكسجين الذائب، حيث يستهلك الأكسجين فى هذه المياه بواسطة الأحياء المجهرية التى تعيش فى هذه المياه وتتغذى على المواد العضوية المنتشرة فيها. ثم تموت هذه الأحياء الدقيقة وتتحلل أجسامها. ويؤدى تحلل تلك المواد العضوية إلى استهلاك الأكسجين الذائب فى الماء. وفى هذه البيئة لا يمكن أن تعيش الأسماك فإما ان تموت أو تهجرها إلى مياه نقية تحتوى على الأكسجين اللازم لحياة تلك الأسماك.

ويعد تلوث المياه بمركبات الزئبق والعناصر الكيميائية الثقيلة عاملا فعالا فى تقليل الثروة السمكية وتقليل فائدة الشواطئ.

### معالجة المياه المستعملة

يمكن لأى وحدة نموذجية لمعالجة مياه الشرب أن تجعل المياه نقية صالحة للشرب. ويمكن إضافة الجير وكربونات الصوديوم لجعل المياه أكثر يسرا، كما أن إضافة الكربون النشط من شأنه تخليص المياه من اللون والرائحة إذا وجدا.

ويتم عادة كلورة المياه فى آخر مراحل تنقية المياه وذلك لقتل البكتريا (وأحيانا تكلور المياه فى بداية عمليات التنقية) والفيروسات الموجودة فى المياه.

ويجب أن يضاف الكلور بتركيز مناسب حتى يظل تأثيره فعالا لفترة طويلة حتى تصل المياه إلى المستهلك.

وإذا احتوت مياه الشرب المراد كلورتها، أى تنقيتها بواسطة غاز الكلور، على مركبات عضوية فإن الكلور يتحد مع المواد العضوية مكونا مركبات عضوية يدخل فيها الكلور مثل:

- الكلورفورم.

- رابع كلوريد الكربون.

ومركبات الكلور العضوية هذه مواد سامة وملوثات خطيرة للمياه وتؤدى إلى إصابة الإنسان الذى يشرب تلك المياه بالسرطان.

ولا يوجد حتى الآن بديل مناسب يستخدم فى تنقية مياه الشرب بدلا من الكلور .

ومعروف أن الأوزون غاز سام للبكتريا وقتل لها، ويؤدى إلى تدمير البكتريا والفيروسات أكثر من الكلور، ولا يؤثر الأوزون فى طعم المياه إذا أضيف إليها. ويعد استخدام الأوزون محدودا؛ لأنه أكثر تكلفة من الكلور فى تنقية مياه الشرب على نطاق كبير .

وتعتمد جودة المياه على عدد من العوامل هى:

١ - الخواص الفيزيائية للمياه مثل اللون والطعم والرائحة والتعكير ودرجة الحرارة والمواد المعلقة فيها .

٢ - محتوى المياه من الأحياء المجهرية .

٣ - محتوى المياه من المواد الكيميائية غير العضوية مثل القلويات والأكسجين الذائب، ودرجة حموضتها (والتي يعبر عنها بما يعرف بتركيز أيون الهيدروجين PH)، والمواد الصلبة الذائبة، ودرجة عسر الماء .

٤ - محتوى المياه من المواد الكيميائية العضوية مثل المواد البترولية والفينول وغيرها .

٥ - النشاط الإشعاعى للمياه أو بمحتواها على الرادون ٢٢٦ - والرادون هو غاز مشع عديم الطعم واللون والرائحة ويتسمى إلى مجموعة الغازات الخاملة، وهو أثقلها، ويتكون الرادون نتيجة التحلل الإشعاعى للتقائى للعناصر المشعة مثل اليورانيوم والثوريوم، ويتحلل هو بدوره إلى عناصر صلبة مشعة هى نظائر البولونيوم والرصاص والبيزموت والثاليوم .

كذلك يتوقف النشاط الإشعاعى للمياه على محتواها من عنصر الاسترنتيوم (٩) المشع .

وهناك معايير عالية لجودة مياه الشرب بناء على اختبارات معينة تحدد درجة جودة المياه بناء على محتواها من الشوائب أو الملوثات .

والمياه الصالحة للاستعمال الأدمى يجب أن تكون عديمة اللون والطعم والرائحة وأن تكون خالية من البكتريا، كما ذكرنا سابقا، التى تسبب الإصابة بالأمراض.

ويجب التعرف على نوع وكمية الأملاح الذائبة فى الماء مثل الكربونات والبيكربونات والكلوريدات والكبريتات والفوسفاتات وأحيانا التترات (نترات الصوديوم والبوتاسيوم)، بالإضافة إلى أيونات الكالسيوم والمغنسيوم والحديد وغيرها.

وبعض الأملاح الذائبة تجعل المياه قلوية، وبعضها يجعل الماء عسرا مثل أملاح الكالسيوم والمغنسيوم والحديد.

وبعض الأملاح سامة ويؤدى وجودها فى الماء إلى حدوث تفاعلات معينة، خصوصا إذا وجدت هذه المركبات الكيميائية بتركيزات عالية.

وتعتبر حامضية الماء والتى يعبر عنها بتركيز أيونات الهيدروجين (PH) فى الماء صفة هامة فى جودة المياه.

ونقص الأكسجين الذائب فى الماء أو غيابه يجعل حياة الأسماك وغيرها من الأحياء المائية فى المياه أمرا مستحيلا.

وعندما تفقد المياه محتواها من الأكسجين تتكون فيها رائحة بسبب نشاط البكتريا غير الهوائية التى تحلل وتفكك المركبات العضوية فى الماء إلى مركبات بسيطة ويتصاعد أثناء ذلك روائح مميزة للمياه الراكدة أو العفنة، وهى رائحة غاز كبريتيد الهيدروجين والتى تشبه رائحته رائحة البيض الفاسد.

وزيادة نسبة الأكسجين فى الماء بسبب تآكل الأنابيب المعدنية التى يمر فيها الماء، وكذلك الآلات المعدنية التى يلامسها الماء مثل أجهزة التبريد وغيرها.

وقد تجمد بعض المواد المشعة طريقها إلى المياه السطحية أو تحت السطحية (الجوفية) بفعل نشاط بشرى أو بعمليات طبيعية (جيولوجية) كأن تمر المياه فى صخور مشبعة بمواد مشعة أو يتسرب إلى الأجسام المائية مياه ملوثة بالمواد المشعة... إلخ.

ويجب قياس النشاط الإشعاعي للمياه قبل استخدامها في الصناعات أو الأغراض الإنسانية الأخرى.

### معالجة المياه المستعملة:

يتم معالجة مياه الصرف الصحي عبر ثلاثة مراحل هي:

#### ١. المرحلة الأولى:

ويتم في هذه المرحلة فصل المواد الصلبة بوسائل ميكانيكية مناسبة، حيث تمر المياه على مصافي معدنية ذات فتحات مناسبة، حيث يتم فصل المواد الصلبة الكبيرة، وترسب المواد المعدنية في أحواض مناسبة، وفي هذه المرحلة أيضا يتم فصل المواد الطافية والرغاوى من فوق سطح المياه بوسائل مناسبة.

#### ٢. المرحلة الثانية:

ويتم في هذه المرحلة فصل كل أو معظم المواد العضوية من المياه بوسائل متعددة. ويتم أيضا كلورة المياه لقتل البكتريا.

#### ٣. المرحلة الثالثة:

ويتم في هذه المرحلة فصل بقية الملوثات من المياه وأهمها مركبات الفوسفات والنترات الذائبة في الماء. وفصل الفوسفاتات عملية معقدة وعالية التكاليف.

ويمكن في حالات معينة استخدام المياه بعد تنقيتها في المرحلة الثانية، في رى النباتات. وتحتوى هذه المياه على مركبات الفوسفات والنترات والتي تعد مغذيات للنباتات.

وهناك طرق متعددة لإجراء المرحلة الثالثة في مراحل معالجة وتنقية المياه المستعملة منها:

١ - استخدام مواد كيميائية مخثرة. ومرشحات مناسبة. وتفاعل المواد المخثرة مع المواد المعلقة في المياه مكونة مواد جديدة يمكن إزالتها بعد ذلك.

٢ - استخدام الكربون المنشط لإمتزاز المركبات الكيميائية والروائح من المياه.

٣ - استخدام مواد كيميائية مؤكسدة مثل الأوزون وفوق أكسيد الهيدروجين ( $H_2O_2$ ) والكلور وغيرها.

٤ - استخدام وسائل التبادل الأيوني فى تنقية المياه، ويستخدم فى هذه الطريقة موارد طبيعية مثل الزيوليت Zeolites (\*)، أو مواد صناعية مثل الراتنجات Resin وباستخدام أجهزة خاصة وفى هذه العملية يتم تخليص المياه من كثير من محتوياتها الأيونية الذائبة فيها.

٥ - التحليل بالكهرباء فى وجود أغشية مناسبة تمرر فقط الكاتيونات، أو الأنيونات، وتتجمع على هذه الأغشية أو الحواجز جزئيات المواد العضوية، أو تستخدم أغشية معينة تفصل المواد الذائبة عن المياه.

٦ - التنقية البيولوجية: وفى هذه الطريقة يتم تنقية المياه بواسطة البكتريا الهوائية والطحالب، حيث توضع المياه فى أحواض غير عميقة (عمقها نحو متر) ويضاف إلى الماء المستعمل بكتريا هوائية وطحالب خاصة يمكنها أن تتغذى على المواد العضوية الموجودة فى المياه فى وجود أشعة الشمس.

ويجب تنظيف هذه الأحواض بصفة دورية كل عدة سنوات.

### طرق التخلص من نفايات السفن:

تلوث السفن المياه بالقائنها مياه الصرف الصحى لنزلائها فى الماء، بالإضافة إلى البترول والزيوت المستعملة فى آلات هذه السفن والتى تجد طريقها أيضا إلى المياه فتلوثها.

(\*) مجموعة الزيوليت عبارة عن مواد معدنية مائية، سيليكاتية ألومينية للصوديوم والكالسيوم بصفة رئيسية. ولهذه لمعادن خاصية امتصاص الكاتيونات من الماء.

وهناك تقديرات متفاوتة لحجم المياه المستعملة والملوثات الأخرى التي تلقىها السفن في المياه سوايا وأغلب المياه المستعملة في السفن تلقى في مياه البحار والأنهار وغيرها على حالتها، وبدون معالجة.

وعلى الرغم من أن كمية المياه المستعملة في السفن والتي تلقى في المياه، تعتبر كمية محدودة نسبيا بالمقارنة مع حجم ملوثات المياه الأخرى على مستوى العالم، إلا أن هناك مناطق تعاني بصورة مركزة وخطيرة من التلوث بمياه الصرف الصحي للسفن ومن تلك المناطق نهر النيل في مصر، حيث يوجد عدد كبير من السفن والعوامات والتي تعمل في مجال السياحة. وتقذف هذه السفن بمخلفات ركابها في مياه النيل من أسوان حتى القاهرة

وبالطبع يصعب على معظم تلك السفن أن تستخدم وحدات صناعية لمعالجة وتنقية مياه الصرف الصحي الخاصة بها لأسباب اقتصادية وحتى بالنسبة للسفن الكبيرة.

ويتم التصرف في المياه المستعملة ومخلفات الصرف الصحي في السفن بالوسائل التالية:

١ - استخدام أحواض لاستقبال وتخزين المياه المستعملة ومخلفات الصرف الصحي لتزلاء السفن لحين الوصول إلى الشاطئ والتخلص منها. وعلى الرغم من بساطة هذه الطريقة وسهولتها الظاهرية إلا أنها تحتاج إلى وسائل نقل خاصة لنقل تلك الأحواض من المراكب إلى أماكن مناسبة للتخلص من محتوياتها. وكذلك استخدام مواد كيميائية للقضاء على الروائح التي تتكون في هذه الأحواض وتنبعث منها في أثناء رحلة السفينة وقبل التخلص منها. هذا بالإضافة إلى الحاجة إلى وجود إمكانيات خاصة على الشواطئ لنقل وتصريف تلك الأحواض. إلح وهذا غير متاح في كل الأحوال

٢ - استخدام محارق خاصة لحرق تلك الفضلات، وهذا أسلوب غير متاح بالطبع في معظم المراكب، حيث يحتاج الأمر إلى فصل المواد الصلبة عن المواد السائلة في مخلفات الصرف الصحي فإذا أمكن التخلص من

المواد الصلبة بحرقها تبقى مشكلة المواد السائلة قائمة بدون حل عملي مناسب .

٣ - استخدام وسائل بيولوجية للتخلص من تلك الفضلات والمخلفات . وهذا أيضا غير متاح إلا في حالة بعض المراكب العملاقة .

٤ - استخدام مرافق خاصة مثل تلك المستخدمة في الطائرات النفاثة وهذا أيضا غير متاح في معظم الأحوال .

كما سبق يتضح أن مشكلة تلوث المياه بمخلفات الصرف الصحي لنفسه لازالت قائمة وخاصة في الأنهار مثل نهر النيل في مصر .

### التلوث بالبتترول

يأتى معظم تلوث المياه بالبتترول من حوادث اصطدام السفن أو جنوحها ومن أبراج حفر آبار البترول على الشواطئ أو تحت سطح الماء .

وقد وقعت في الآونة الأخيرة بعض حوادث ناقلات البترول وكان لها دوى عالمى مسموع . ومن أكبر تلك الحوادث حادثة ارتطام الناقلة العملاقة تورى كانيون Torrey Canyon والتي كانت تحمل ١٠٠,٠٠٠ طن من البترول الكويتى لصالح شركة يونيون كامباني للزيت . وقد انفلقت الناقلة بسبب ارتطامها بالصخور في منطقة كورنوال بإنجلترا إلى نصفين ، ثم تمزقت بعد ذلك ثلاث قطع بتاريخ ١٨ مارس ١٩٦٧ ، وتدفقت حمولة الناقلة من البترول إلى الماء مكونة واحدة من أخطر عمليات تلوث الماء بالبتترول فى العالم .

وبعد حادثة تورى كانيون وقعت عشرات الحوادث سنويا لناقلات عملاقة . وكانت تجرى محاولات لاحتواء برك الزيت المتجمعة فوق سطح الماء فى كل حالة . وكانت هناك ثلاثة طرق لاحتواء برك الزيت والسيطرة عليها ومنع انتشارها وهى :

١ - إحاطة بقعة الزيت وحصارها فى نطاق ضيق محدود بواسطة حواجز ميكانيكية عائمة حتى يتم التخلص من البقعة أو إزالتها .



٢ - جمع الزيت بواسطة شفطات ميكانيكية أو إلقاء مواد ماصة على بقع الزيت مثل التبن والقش وغيرها .

٣ - إضافة مواد كيميائية لإذابة بقع الزيت .

وتعد الطريقة الثالثة باهظة التكاليف وبطيئة ولا تصلح لحالات التلوث الكبيرة .

وبالإضافة إلى حوادث ارتطام ناقلات البترول وتسرب البترول منها، فهناك عملية مستمرة تتم في ناقلات البترول وتؤدي إلى تلوث الماء بالبترول، حيث يقوم ربان الناقلة بملئ خزاناتها بالماء بعد تفريغ حمولتها من البترول وذلك لحفظ اتزان الناقلة في أثناء رحلتها، ثم تفريغ الماء في البحر عند وصول الناقلة إلى ميناء شحن البترول . وبالطبع يحتوى هذا الماء على قدر كبير من البترول الذى يلوث الماء .

ويمكن تصور مقدار تلوث المياه بالبترول إذا عرفنا أن عدد ناقلات البترول في العالم يبلغ ٤٠٠٠ ناقلة، وتحمل هذه الناقلات نحو ألف مليون طن من البترول سنويا .

ويقدر ما يتدفق من البترول إلى الماء من الناقلات حوالى ١ ٪ من إجمالى ما تنقله، أى حوالى عشرة ملايين طن سنويا .

ويزداد حجم البترول الذى تنقله الناقلات سنويا وبالتالى يزداد أيضا ما يتدفق منها إلى سطح البحر ويلوث الماء .

وعندما يتدفق البترول على سطح الماء فإنه يتتشر بسرعة على سطح الماء مكونا طبقة رقيقة تحركها الأمواج ليزداد اتساعها بمرور الوقت .

وبمرور الوقت تتطاير المكونات الخفيفة من البترول الحام تاركة المكونات الثقيلة على سطح الماء . ويتم تحليل جزء من المكونات الثقيلة للبترول من خلال التفاعلات البيولوجية ولكن بمعدل بطئ ومحدود أيضا، ولا يؤثر كثيرا على البقع الكبيرة .

وتتجمع المكونات الثقيلة للبترول وهي الفطران بفعل حركة أمواج البحر إلى كتل أكبر تتقاذفها الأمواج وتجمعها حيناً وتفرقها حيناً آخر، وتوزعها في مساحات كبيرة في أحوال أخرى.

وأول مخاطر تلوث الماء بالبترول هو قتل الطيور البحرية شكل (١٧)، حيث يتسرب البترول بين ريش الطائر ويطرد الهواء ويحل محله. وللهواء الموجود بين ثنايا ريش الطائر فائدة كبيرة فهو يعزل الماء من جسم الطائر ويساعده على الطيران والطفو والعموم فوق الماء.

وعندما يتسرب الزيت في داخل الريش يصبح جسم الطائر أكثر برودة وأكثر قابلية للإصابة بالأمراض. وتقل كذلك قدرته على الطيران.



شكل (١٧)

بعض الطيور البحرية وقد تغطت بالزيت المتسرب من إحدى ناقلات البترول في سنة ١٩٧٨م على ساحل ويلز البريطانية. ويرى عمال الإنقاذ في محاولة لمعالجة تلك الطيور ونقلها إلى مراكز متخصصة (عن مورك وآخرين ١٩٩٦).

وقد نفق نحو ١٠٠,٠٠٠ طائر إثر حادثة الناقله تورى كانيون فى سنة ١٩٦٧م، ولم ينج من الموت إلا حوالى ١٠٠ طائر من بين الـ ٥٧٠٠ طائر التى التقطها المهتمون بحياة الطيور البرية والبيئة من وسط بركة البترول. وقاموا بتنظيف أجسامها فى محاولة لإنقاذ حياتها.

ولا يعرف كثيرا عن تأثير تلوث الماء بالبترول على حياة الطحالب، وتجرى دراسات منذ فترة لغرض التعرف على التأثير البعيد المدى للتلوث البترولى على البيئة البحرية بصفة عامة.

ووجد الباحثون بعض المركبات الهيدروكربونية فى البيئة البحرية مثل 3,4 - benzpyrene وهى مادة مسرطنة وتتركز هذه المادة فى بعض الأسماك والقشريات وسرطان البحر والكابوريا وغيرها.

#### **التلوث بالمياه المستعملة فى الأغراض الصناعية:**

يتخلف عن النشاط الصناعى ويصاحبه تكون كمية كبيرة من المياه الملوثة بالمركبات الكيميائية العضوية وغير العضوية، بالإضافة إلى المواد الصلبة المعلقة فى المياه المستعملة.

فالصناعات الغذائية وصناعة الدواء والمنسوجات والألياف الصناعية والورق والصناعات الكيميائية المتنوعة وتكرير البترول والصناعات البتروكيميائية وصناعة المطاط والبويات والصناعات المعدنية . . إلخ، كلها يصاحبها ويتج عنها مياه مشبعة بالأحماض والقلويات والمواد السامة الأخرى من مركبات عضوية وغير عضوية والمواد المسرطنة، بالإضافة إلى أيونات العناصر الكيميائية الثقيلة والفسفور والفلور والسيليكا (من صناعة الأسمدة) والزئبق من صناعة الكيماويات . . . إلخ وتجهد هذه المياه الملوثة طريقها إلى المياه السطحية أو الجوفية وتلوثها.

وتؤدى هذه المياه الملوثة بالكيماويات إلى قتل الأسماك والأحياء المائية الأخرى. وتموت عشرات الملايين من الأسماك سنوياً بفعل الملوثات المتنوعة المتدفقة إلى المياه السطحية من مصادر متعددة وأشهرها مبيدات الحشرات ومبيدات

الاعشاب وغيرها مثل كبريتات النحاس التى ترش على حواف الترع والقنوات لمقاومة الطحالب، والمياه المحملة بحمض الكبريتيك المتسربة من مناجم الفحم التى قد يصل تركيز حمض الكبريتيك فيها من ١٠٠ إلى ٦٠٠٠ جزء فى المليون، والكلور من مياه الحمامات، ومياه الصرف الصحى، والجازولين المنسكب على حواف الطرق اثر حوادث انقلاب السيارات، وكذلك الرصاص المتخلف من عوادم السيارات والذى يترسب على جوانب الطرق وتغسله الامطار وتصبه فى المجارى المائية والترع، ومخلفات الدواجن ومخلفات المجازر... إلخ. والمياه المحملة بالقلويات مثل الصودا الكاوية وحمض الكبريتيك من مصانع الحديد والصلب، ومخلفات مصانع الالبان. كل ذلك قد يجد طريقه فى نهاية المطاف إلى المياه السطحية ويلوثها.

#### معالجة المياه المستعملة فى الصناعة:

يمكن معالجة المياه المستعملة فى الصناعة بنفس طرق معالجة مياه الصرف الصحى، أى من خلال ثلاث مراحل، أولى، وثانية وثالثة كما ذكرنا آنفاً. وعموماً إذا عرفت المواد الملوثة فى المياه المستعملة فى الصناعة فإنه يسهل عملية معالجة وتنقية تلك المياه وتخليصها من الملوثات. وتصلح المعالجة البيولوجية للمياه المتخلفة عن صناعة الالبان والصناعات الغذائية.

وقد تترك تلك المياه لتجف فى أشعة الشمس مما يعنى فقد الماء بالتبخر. وفى حالات أخرى يمكن استخلاص مواد كيميائية من المياه المستعملة فى الأغراض الصناعية.

وتلجأ بعض المصانع للتخلص من مياهها المستعملة الملوثة وذلك بضخها فى آبار عميقة تخفر خصيصاً لهذا الغرض. ويطبق هذا الأسلوب فى بعض مصانع الكيماويات وصناعة الدواء.

ويتم حقن تلك السوائل السامة فى آبار عميقة تتراوح أعماقها من عدد قليل من مئات الأمتار وحتى ٤٥٠٠ متراً تحت سطح الأرض.

ويفضل فى هذه الحالة أن تحقن السوائل السامة فى طبقات صخرية مسامية مثل حجر الرمل وحجر الجير أو الدولوميت، وهى صخور ذات مسامية عالية تسمح باستيعاب السوائل المحقونة فيها

ويجب حقن السوائل المراد التخلص منها عند عمق أكبر من عمق مستوى سطح الماء الجوفى فى المنطقة، وأن تكون المنطقة خالية من الخامات والرواسب المعدنية، أو عيون الماء أو الآبار الجوفية.

ومن أشهر المحاولات التى تمت للتخلص من السوائل الصناعية السامة بحقنها فى آبار عميقة تلك التى قام بها الجيش الأمريكى فى بداية الستينيات من هذا القرن، حيث قام بحقن سوائل سامة فى آبار عميقة فى منطقة جبال الروكى فى الولايات المتحدة الأمريكية، وكان عمق الآبار حوالى ٤ كم.

وبعد حقن تلك السوائل لوحظ زيادة النشاط الزلزالى فى المنطقة بطريقة غير طبيعية. ثم توقف ضخ السوائل فترة من الزمن، فانخفض على الفور معدل وقوع الهزات الزلزالية. ثم عاود النشاط الزلزالى الصعود مع عودة ضخ السوائل فى الآبار. وقد ربط الجيولوجيون بين وقوع الهزات الأرضية وضخ السوائل المستعملة فى آبار دنفر. وتفسير هذه الظاهرة هو أن السوائل المحقونة تحت ضغط تتسرب عبر الشقوق والفواصل وتملأ المسام فى الصخور، وتعمل هذه السوائل وكأنها شحم. على تسهيل حركة وانزلاق الصخور على جوانب الصدوع ووقوع الزلازل.

وقد تلجأ بعض شركات الصناعات الثقيلة إلى تعبئة المياه السامة المتخلفة عن الصناعة، فى براميل كبيرة والقاء تلك البراميل فى البحر. وهذا أسلوب خاطئ فى التخلص من النفايات السامة إذ أن البراميل سوف تتآكل وتتسرب محتوياتها إلى ماء البحر وتلوثه وتلوث الأسماك، ثم تنتقل تلك الملوثات من الأسماك إلى الإنسان إذ أجلاً أو عاجلاً

وقد لجأت بعض المصانع إلى القاء مثل تلك البراميل المعبأة بالمياه السامة في مياه صحلة سييا وغنية بالأسماك مثل بحر الشمال وبعد اكتشاف هذه الواقعة قام المهتمون بحماية صحة البيئة بانتشال براميل السوائل السامة وتخلصوا من محتوياتها بطرق أكثر أمانا.

### التلوث الزراعي،

يقصد بالتلوث الزراعي ذلك التلوث الناتج عن النفايات والمخلفات الزراعية وتربية الحيوانات وغيرها من النشاطات المرتبطة بالزراعة، ومن هذه المخلفات السباخ المتخلفة عن الزرائب ومعالف الحيوانات والمفرخات ومعالف الدواجن ومخلفات المجازر، ومخلفات الأسمدة الكيميائية التي تستخدم في تسميد المحاصيل الزراعية ويتسرب جزء منها إلى مياه الصرف الزراعي، بالإضافة إلى بقايا المبيدات الحشرية ومبيدات الأعشاب والتي يتطاير جزء منها في الهواء الجوي أو يتسرب بعضها مع مياه الصرف وتجد طريقها إلى الأجسام المائية السطحية أو الجوفية وأخيرا الأملاح وحببات التربة التي تجرفها الرياح أو المياه وتصبها في المجارى المائية وتلوثها.

وتسبب هذه المواد تلوثا خطيرا للبيئة بصفة عامة والمياه بصفة خاصة. فالأمونيا المنطلقة من معاليف ومحطات تربية الحيوانات إلى الهواء الجوي، ونظرا لقابلية الأمونيا للذوبان في الماء فإنها تذوب في مياه الأمطار وتسقط على سطح الأرض وتسرب إلى المياه السطحية أو المياه الجوفية الضحلة وتلوثها.

وتحتوي نفايات المعاليف على بكتريا قد تسبب الأمراض للإنسان، وتسرب هذه البكتريا إلى المياه السطحية وتلوثها.

والترات ملوثات خطيرة للماء، وهى قابلة للذوبان في الماء ومن ثم قد تجد طريقها إلى المياه السطحية وكذلك المياه الجوفية الضحلة

وتشكل مخلفات المحاصيل الزراعية والحدائق تلوثا للبيئة بصفة عامة. ذلك أنها تعد ملاذا آمنا لكثير من أمراض النباتات، وللآفات الزراعية إذا تركت في المراء دون علاج

فإذا أحترقت مخلفات المزارع والحدائق فإنها تلوث الهواء الجوى بالدخان والمركبات الكيميائية الغازية مثل الهيدروكربونات وأول أكسيد الكربون وأكسيد الكبريت وغيرها.

ويفضل كثير من المزارعين حرق مخلفات زراعتهم حتى لا تصبح هذه المخلفات كمائل للآفات والحشرات الزراعية.

الجدير بالذكر أن مخلفات النباتات كالقش والتبن تستخدم فى أغراض متعددة مثل امتصاص السوائل فى الاصطبلات والشئون الزراعية وكذلك كمادة ماصة للزيت على الشواطئ وسطح الماء، وكذلك كطبقة تحمى النباتات الصغيرة من البرد أو الحر كما هو الحال فى الحدائق فى المناطق الباردة، حيث تفرد هذه المخلفات على سطح الأرض بين الأشجار لحمايتها من البود، ومن عيوب هذه الطريقة هى أن الآفات الزراعية تختبئ فى هذه المخلفات وتنتقل من فصل زراعى إلى الذى يليه.

ويستخدم التبن كغذاء للمواشى - وإن كانت له قيمة غذائية محدودة.

وتجربى محاولات فى الدول الأوروبية لتحويل المخلفات الزراعية إلى غاز الميثان أو الميثانول لاستخدامها كوقود.

كذلك تستخدم المخلفات الزراعية فى صناعة أنواع رخيصة من الورق المقوى.

وتجدر الإشارة إلى أن مخلفات قطع الأخشاب فى الغابات التى تترك عادة فى الغابة تعد ملجأ للحشرات والآفات التى تصيب الأشجار. كما تعد هذه المخلفات مصدرا لخطر آخر وهو حرائق الغابات.

وبالإضافة إلى الملوثات السابقة فإن هناك أنواعا أخرى من الملوثات الزراعية وهى الأمراض والعدوى التى تنتقل من الحيوانات المريضة وتصيب الحيوانات والدواجن وحتى الإنسان أحيانا.

وكذلك الحيوانات النافقة والتي تشكل خطرا آخر حيث تترك تلك الحيوانات الميتة فى العراء أو حتى تلقى فى المياه كما يفعل الناس فى مصر حيث يلقون بأجسام الحيوانات الميتة فى النيل .

وإذا تركت أجسام هذه الحيوانات فى العراء فإنها تتعفن وتطلق منها روائح كريهة، بالإضافة إلى كميات خيالية من البكتريا والتي تنتشر فى البيئة وتلوثها . وفى أحيان أخرى يتم التخلص من الحيوانات الميتة بإلقائها فى الآبار المهجورة ويؤدى ذلك إلى تلوث المياه الجوفية .

وتم فى القرى التخلص من النفايات السائلة بإلقائها فى آبار أو حفر صرف خاصة بكل منزل . وتمتص التربة جزء من هذه المياه ويتسرب جزء آخر إلى المياه الجوفية فتلوثها .

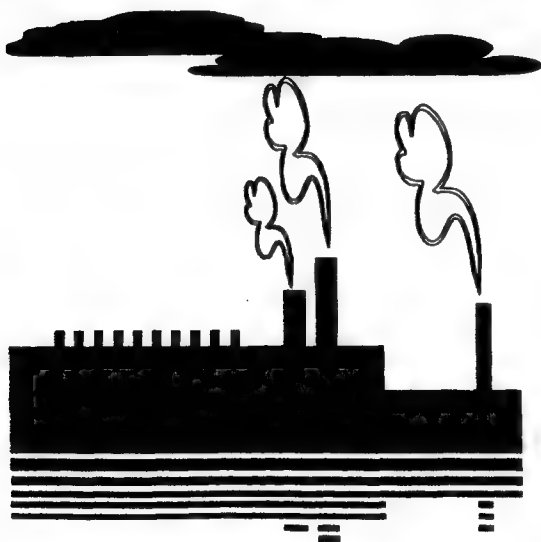
ويحصل كثير من سكان القرى على احتياجاتهم من المياه من آبار ضحلة، مياهها ملوثة فى الغالب بالنفايات السائلة والصلبة المتسربة إلى تلك المياه من آبار الصرف والتي قد لاتبعد كثيرا عن آبار مياه الشرب، وكلاهما آبار ضحلة فى الغالب .





# الفصل السادس

## المعايير الميكروبيولوجية لجودة المياه في المناطق الحارة





توجد الأحياء المجهرية بكثرة فى الطبيعة. ومن ثم تجد هذه الكائنات طريقها بسهولة إلى المياه السطحية فى كل مكان، بل وقد تسرب إلى المياه الجوفية الغير عميقة .

ويشير محتوى أى جسم مائى طبيعى من الأحياء الدقيقة (وبخاصة الأحياء النباتية) إلى تاريخ هذه الجسم المائى ونوع وكمية الأحياء النباتية الدقيقة التى عاشت فيه واتخذته مقرا.

وتحتوى المياه تحت السطحية غير العميقة فى الغالب على أنواع معينة من الأحياء الدقيقة، وهى التى تعيش فى التربة، وتعرف باسم كائنات التربة الحية الدقيقة، وقد تسربت هذه الأحياء مع المياه السطحية من التربة إلى أسفل حتى وصلت إلى المياه الجوفية الضحلة.

أما الأجسام المائية الطبيعية السطحية كمياه البرك والترع وغيرها فإنها تتميز بتنوع الأحياء النباتية الدقيقة فيها. بحيث تشمل مجموعة أحياء غير متألفة.

وللمحتوى الغذائى للأجسام المائية دور رئيسى فى محتوى هذه المياه من الأحياء الدقيقة، فالمياه الغنية بالغذاء تكثر فيها الأحياء الدقيقة، حيث تجد هذه الكائنات حاجتها من الغذاء اللازم لنموها ويقائها. وأما المياه الفقيرة فى محتواها من الغذاء فتكون فقيرة أيضا فى محتواها من الأحياء الدقيقة. ويتوقف ذلك أيضا على عوامل بيئية عديدة مثل درجة الحرارة وكمية ضوء الشمس التى تسقط على تلك المياه، ومدى ملائمة الغذاء للأحياء الدقيقة.

وقد يتشكل لدى الباحثين فى شئون المياه وجودتها وصلاحياتها للأغراض المتنوعة صورة متكاملة عن حالة الأجسام المائية وتاريخها ومدى صلاحيتها للاستخدامات المختلفة. . . إلخ من وفرة وتنوع الأحياء الدقيقة فى تلك المياه.

فكلما كانت الأجسام المائية غنية بالأحياء الدقيقة كانت بيئة مناسبة لحياة وتكاثر الأسماك والأحياء المائية الأخرى فيها. كما يستخدم هذا المعيار فى تقدير صلاحية المياه للاستخدامات المتنوعة.

ويستخدم تركيز بعض الأحياء الدقيقة المعوية المرشدة كمعيار لتقدير المخاطر الصحية التى تنتج عن استخدام تلك المياه فى الشرب والأغراض الإنسانية الأخرى. وكذلك لتقدير دقة وكفاءة عمليات معالجة وتنقية المياه من الأحياء الدقيقة.

وتستخدم كمية ونوع الأحياء الدقيقة فى المياه كمقياس لصلاحية هذه المياه للاستخدام الأدمى فى المناطق الحارة والمناطق الباردة على السواء.

ومعروف أن الأمراض المعدية التى تنتقل إلى الإنسان عن طريق المياه هى أكثر شيوعا وانتشارا فى البيئات الحارة. ومن هنا تأتى أهمية الاهتمام بمياه الشرب وسلامتها ونقاؤها من الأمراض المعدية فى المناطق الحارة؛ لأن المياه كثيرا ما تتعرض فى تلك المناطق إلى التلوث بالمخلفات الأدمية، وبخاصة فى المناطق الريفية التى لا توجد فيها شبكات للصرف الصحى.

ومن هذا المنطلق يظهر أهمية تحليل مياه الشرب وتقدير محتواها من الأحياء الدقيقة (البكتريا والفيروسات) وأنواعها، وبخاصة فى المناطق الحارة والدافئة، وإن هذا التحليل يسبق فى الأهمية تحليل هذه المياه عن محتواها من المركبات الكيميائية (الأملاح).

ويتم تقدير جودة مياه البحيرات والترع وغيرها من الأجسام المائية السطحية بتقدير محتوى تلك المياه من العوالق Plankton (وهى أحياء مائية نباتية وحيوانية مجهرية). وتكثر هذه العوالق فى المياه السطحية فى المناطق الحارة، ذلك أن وفرة الضوء ودرجات الحرارة العالية يساعدان على نمو وتكاثر تلك الأحياء الدقيقة.

ومعروف أن العوالق المائية تغير عادة من طعم ورائحة المياه كما أنها تسد المرشحات، وتسبب عكارة الماء، فكلما زاد تركيز الطحالب فى الماء زادت عكارتها،

وقد تتجمع أشلاء ويقايا تلك الطحالب فى كتل تطفو على سطح الماء كما هو الحال فى بعض البحيرات الاستوائية فى أثيوبيا وغيرها. وتنتشر هذه الظاهرة أيضا فى المياه الراكدة فى الترع والقنوات فى مصر.

وإذا انتشرت الطحالب بكمية كبيرة فى المياه فإنها تستهلك الأكسجين الذائب فى المياه، مما يؤثر على حياة الثروة السمكية فى مثل هذه المياه، كما أن الطحالب الميتة تشكل غذاء مناسباً للبكتريا القاعية (Benthic bacteria) (البكتريا التى تعيش فى قاع الماء) ومن ثم تنمو هذه البكتريا وتزيد كثافتها ومن ثم تغير من صفات المياه العميقة ويبتتها.

ومعروف أن الطحالب الزرقاء - المخضرة تنمو بوفرة فى البيئات الحارة، فهى طحالب محبة للحرارة أو ثيرموفيلية Thermophilic وذلك خلافاً للطحالب الخضراء. وقد بينت الدراسات أن نمو هذه الطحالب فى الماء يتغير مع تغير الفصول بحيث تنمو بوفرة فى الفصول الدافئة.

### الاحياء الدقيقة فى الأنهار

يختلف نوع وكمية الاحياء الدقيقة التى تعيش فى مياه الأنهار من نهر لآخر. ويعتمد ذلك على درجة حرارة البيئة التى يتواجد فيها النهر، فالاحياء الدقيقة التى تعيش فى الأنهار الاستوائية تختلف كثيراً عن تلك التى تعيش فى أنهار المناطق المعتدلة المناخ.

ومن أهم سمات الأنهار الاستوائية مثل نهر النيل هو أحجامها الكبيرة ومجاريها الطويلة وطبوغرافيتها المعتدلة ودرجة انحدارها البسيط جداً، وبالتالي فإن سرعة جريان مياهها تكون صغيرة كما هو الحال فى نهر النيل والأمازون والأندوس وغيرها، ويؤدى ذلك بالإضافة إلى عمق المياه الكبيرة ودرجة التعكير العالية فى الماء، يؤدى ذلك إلى سيادة العوالق النباتية Phytoplanktons فى الماء بالمقارنة مع الطحالب القاعية. وعادة لا توجد فى مثل هذه الأنهار طحالب قاعية، وإذا وجدت فإنها تظهر فقط فى أوقات قصيرة من السنة.

وعلى هذا الأساس فإن تقدير تلوث مياه تلك الأنهار (مثل نهر النيل) يكون معتمدا بصورة رئيسية على تقدير نوع وكمية العوالق النباتية.

وتسميز الأنهار الاستوائية كذلك بظاهرة الطباقية الحرارية Thermal Stratification والتي تعزى أساسا إلى زيادة عمق الماء، وانخفاض سرعة جريانه.

وظاهرة الطباقية الحرارية تعنى تكون مياه النهر من طبقات فوق بعضها تختلف فى درجة حرارتها. علما بأن بعض الباحثين قد وجد هذه الظاهرة فى أنهار استوائية غير عميقة، وتجرى مياهها بسرعة تصل إلى ٨,٠ سم/ ثانية كما هو الحال فى نهر النيجر (١٦).

ويصاحب الطباقية الحرارية فى مياه الأنهار الاستوائية طباقية كيميائية Chemical Stratification، وهى اختلاف كل طبقة فى خواصها الكيميائية عن الطبقة التي تعلوها أو التي تقع تحتها. وكذلك اختلاف كمية الكلورفيل من طبقة إلى أخرى كما هو الحال فى نهر النيجر كما هو موضح بالجدول (١٠).

### جدول (١٠)

#### الطباقية الحرارية والكيميائية فى مياه نهر النيجر

(التركيزات مقدرة بالمليجرام/ لتر)

عمق الماء	PH	درجة الحرارة (م)	الصوديوم	الحديد	الفوسفور	الكلوروفيل
السطح	٦,٣٤	٣١	٢٢	٠,٠٤	٠,٥	٣
٤ م تحت السطح	٦,٤٧	٣٢	١٦	٠,٠٥	٠,٧	٤١

وبين هذا الجدول أن الطبقة التي تقع عند عمق ٤ أمتار فى نهر النيجر لها صفات أكثر قلوية من الطبقة التي تعلوها. كما ترتفع فيها درجة حرارة الماء درجة واحدة مئوية. ويقل تركيز الصوديوم، ويزيد الحديد والفوسفور والكلورفيل أيضا.

مما يعنى أن التغير فى درجة حرارة طبقات الماء فى هذا النهر يكون له انعكاسات بيولوجية أيضا. ولذا يجب أن تؤخذ نتائج هذه الدراسات فى الحسبان عند جمع عينات من مياه الأنهار والبحيرات لتقدير تلوثها البيولوجى.

وتصل درجة حرارة الماء فى الأنهار الاستوائية إلى ٣٥ درجة مئوية. وذلك بالمقارنة مع الأنهار فى المناطق معتدلة المناخ والتي تتراوح درجة حرارة المياه فيها من صفر - ٥ م إلى ٢٠ - ٢٥ م على مدار العام<sup>(١٦)</sup>.

وبسبب عدم تغير درجة الحرارة تغيرا كبيرا على مدار السنة فى الأنهار الاستوائية؛ فإنه لا تكون دورة فصلية للطحالب فى مياه هذه الأنهار فالدورة الفصلية للطحالب تحدث فقط فى أنهار المناطق معتدلة المناخ، التى تتغير فيها درجة الحرارة تغيرا فصليا، ومن ثم تكون دورة فصلية للطحالب فى تلك الأنهار.

وبسبب ثبات درجة الحرارة العالية فى الأنهار الاستوائية على مدار السنة، فإن تلك الأنهار تكون خالية من الأحياء المائية الدقيقة التى تعيش فى المياه الباردة مثل *Bodo Caudatus* وتعيش فى مياه تلك الأنهار الحيوانات المجهرية التى تعيش فى المياه الدافئة مثل *Paramoecium Caudatum* أو الأحياء الدقيقة التى تتحمل درجات الحرارة العالية مثل *Aspidisca Lynceus*.

وتختلف الصورة كثيرا بالنسبة للأحياء النباتية الدقيقة وذلك بسبب تفاوت حساسية كثير من الطحالب بالنسبة لدرجات الحرارة أو كثافة الضوء. فهناك طحالب حساسة للتغير فى درجة الحرارة، وأخرى ذات حساسية بالنسبة للضوء فى الماء.

وتتأثر هيدرولوجية الأنهار الاستوائية وعوالقها النباتية *Planktonic Flora* بالفيضان السنوى لتلك الأنهار (أو الذى يحدث مرتين فى السنة)، حيث تؤثر مياه الفيضان وعكازه المياه على حياة الأحياء القاعية والعوالق أيضا.

وقد يقلل الفيضان من كمية الطحالب وتركيز الأملاح فى بعض الأنهار. ويعزى نقص العوالق إلى نقص الغذاء، وبخاصة الكبريت فى الماء.

وتنخفض كمية العوالق فى النيل الأزرق انخفاضاً كبيراً خلال الفترة من يوليو حتى أكتوبر من كل عام. وذلك بسبب زيادة مياه الفيضان العكرة فى تلك الفترة.

ويزداد تركيز العوالق فى النيل الأزرق خلال الفترة الممتدة من نوفمبر حتى يناير، وتصل أقصاها خلال شهرى أبريل ومارس، وينخفض هذا التركيز خلال شهر أبريل بسبب انخفاض المياه فى منابع النيل فى هذا الشهر.

ويؤثر الفيضان كذلك فى تركيب العوالق وتركيزها فى الماء. ففي موسم الفيضان فى نهر النيل تكون المياه شديدة التعكير، ومن ثم لا ينفذ الضوء إلى الأجزاء العميقة من الماء وبالتالي لا تحدث عمليات البناء الضوئى فى النبات Photosynthesis إلا فى النطاقات القريبة من السطح فى الماء. وفى هذه الفترة تكون الدياتومات diatoms هى العوالق الغالبة فى الماء. أما فى الفصل التالى وكذلك فى فصول الجفاف فإن الطحالب الزرقاء المخضرة تكون هى العوالق النباتية السائدة فى الماء.

ويشكل التركيب الكيميائى للماء ونوع الأملاح الغالبة فيه، العامل الرئيسى فى معدلات نمو الطحالب، وبخاصة فى الأنهار الاستوائية.

وبسبب غزارة الأمطار فى المناطق الاستوائية فإن التربة تتعرض لعمليات النزع والشطف المستمرة وإزالة مكوناتها من الأملاح القابلة للذوبان وكذلك المعادن الأخرى، وعلى هذا الأساس فإن مياه الأمطار التى تسقط فى العصر الحالى على هذه التربة وتسيل على سطحها فإنها تحتوى على نسبة ضئيلة من الأملاح غير العضوية. وقد وجد الباحثون أن متوسط الأملاح الذائبة فى مياه الأنهار الاستوائية مثل نهر الأمازون يساوى نحو ٥٠ ملليجرام/ لتر. بينما يصل المتوسط العالمى للأملاح المعدنية الذائبة فى مياه الأنهار يصل إلى ١٢٠ ملليجرام/ لتر.

ويرجع السبب فى انخفاض كمية الأملاح الذائبة فى مياه الأمطار التى تجرى فوق سطح التربة المشبعة بالماء، وتصل إلى النهر فى المناطق الاستوائية إلى أن التربة فى هذه المناطق تكون مستنزفة بصفة مستمرة بفعل الأمطار دائمة السقوط.



الجدير بالذكر أن أبون الكيريتات هو العامل الفعال في نمو الطحالب في المياه، أما في النيل الأزرق فإن النتروجين هو العنصر الفعال في نمو أحد أنواع الطحالب وهو *Melosira*.

وفي جميع الحالات يقل تركيز الأيونات غير العضوية في الماء في فصل الأمطار، ومن ثم يقل معدل نمو الطحالب. ويزيد تركيز تلك الأيونات في الفصول الجافة وبالتالي يزيد معدل نمو الطحالب، مما يعني تغير معدل نمو الطحالب مع الفصول على مدار السنة. ومن هنا تأتي حساسية استخدام وفرة الطحالب ونموها في مياه الأنهار كمقياس لتلوث مياه تلك الأنهار. إذ يجب الأخذ في الاعتبار الظروف الفيزيوكيميائية لمياه النهر في أثناء جمع العينات المائية منه لتقدير درجة تلوثها بالأحياء الدقيقة (الطحالب والبكتريا).

وبينت الدراسات البسيطة التي أجريت على الأنهار الهندية أن تركيب الطحالب في مياهها يتوقف على العوامل التالية:

١ - درجة الحرارة.

٢ - شدة التيار

٣ - تركيز أملاح التترات

٤ - تركيز الحديد.

١. درجة الحرارة:

يختلف نمو الطحالب باختلاف درجة حرارة الماء في النهر كما يلي:

أ - أجناس تنمو وتزدهر في درجات حرارة منخفضة وتركيز عال من الأكسجين الذائب في الماء مثل جنس *Ancanthes minatissima*.

ب - أجناس تنمو وتزدهر في وجود تركيزات عالية من المواد العضوية وفي درجات حرارة عالية مثل جنس *Nitzschia obtusa*.

ج - أجناس تنمو وتزدهر في وجود تركيزات عالية من المواد العضوية ودرجات حرارة منخفضة مثل جنس *Synedra Ulna*.

د - أجناس تنمو وتزدهر فى وجود نسبة عالية من الأكسجين الذائب فى الماء  
وكمية قليلة من المواد العضوية فى الماء مثل جنس *Gomphonema*  
*sphaerophorum*.

هـ - أجناس تنمو وتزدهر فى درجات حرارة عالية مثل جنس *Caloneis*  
*Silicula*.

و - أجناس تنمو وتزدهر فى درجات حرارة منخفضة مثل جنس  
*Acanthesexigna*.

ز - أجناس تؤثر على نموها درجات الحرارة العالية تأثيرا سلبيا مثل جنس  
*Spirogyra* spp.

## ٢. شدة التيار:

هناك أنواع من الطحالب تؤثر على نموها تيارات الماء السريعة تأثيرا سلبيا  
مثل جنس *Coloneis Silicula*.

## ٣. تركيز أملاح النترات:

أ - أجناس من الطحالب تنمو وتزدهر فى وجود تركيزات عالية من النترات  
مثل *Cymbella microcephala*.

ب - أجناس تنمو وتزدهر فى وجود تركيزات منخفضة من أملاح النترات  
الذائبة فى الماء مثل *Cyclotella meneghiniana*.

## ٤. تركيز أملاح الحديد:

هناك أجناس من الطحالب تنمو وتزدهر فى وجود تركيز منخفض من أملاح  
الحديدوز والحديدك فى الماء مثل جنس *Navicula pygmaea*.

## أنواع الطحالب كدليل على تلوث الماء:

بالإضافة إلى ما ذكرناه سابقا من ارتباط بعض أجناس الطحالب بالاحوال  
الفيزيوكيميائية لمياه الأنهار فقد وجد بعض الدارسين لمياه أنهار جنوب أفريقيا التى  
تلوثها مياه صرف المناجم أن زيادة الرهم الهيدروجينى (أى زيادة قلوية الماء) للماء

وزيادة نسبة الأيونات غير العضوية قد زادت من كمية الطحالب التي تنمو فى مياه تلك الأنهار . وكانت أكثر الطحالب نموا هى الطحالب الزرقاء - الخضراء ، تليها الطحالب الخضراء ثم الدياتومات .

وفى مجال استخدام الطحالب لتقسيم المياه الاستوائية إلى مياه نقية وأخرى ملوثة، فقد وجد الباحثون فى مياه الأنهار الهندية والأنهار الاستوائية أنه يمكن الاعتماد على الأحياء الدقيقة فى الماء كمقياس ودليل على نقاء الماء أو تلوثه، وأنه يمكن تقسيم مياه الأنهار إلى مجموعتين هما:

#### أ. مياه نقية:

وتوجد فيها الأجناس التالية:

- Pandorina

- Eudorina

- Volvox

ولتحتوى هذه المياه على أحياء هدية Ciliates .

#### ب. مياه ملوثة:

وتخلو هذه المياه من الأجناس التالية:

- Pandorina

- Eudorina

- Volvox

وتوجد فى هذه المياه الأحياء الدقيقة التالية:

- Beggiatoa

- Oscillatoria

- الهدبيات Ciliates

### **المخاطر الصحية لمياه الترع والقنوات،**

من الأخطاء الشائعة في مصر منذ فترة طويلة هو استخدام أهل الريف مياه الترع والقنوات على حالتها في أغراضهم المعيشية.

ونتيجة لهذا الخطأ يصاب العديد من أهل القرى بالأمراض المعدية وأكثرها خطرا وانتشارا هي البلهارسيا ثم الدوسنتاريا وغيرهما.

الجدير بالذكر أن الفحص المجهرى الروتينى لمياه الترع قد لايفيد كثيرا فى إظهار تلوث تلك المياه بالأمراض أم عدمه. ذلك أن العدوى قد تضاف إلى الماء بعد أخذ العينات منه بواسطة شخص مصاب بها.

أما الخطر الكبير الآخر لاستخدام مياه الترع والمصارف الملوثة فهو استخدام الإنسان للأصداغ والأسماك التى تعيش فى تلك المياه كمصدر للغذاء، معروف أن كثيرا من القواقع تجمع الطحالب السامة فى الماء وتتغذى عليها. وقد يسبب تناول لحوم القواقع الملوثة الإصابة بالأمراض الخطيرة فى الأجهزة العصبية.

### **الأحياء المجهرية فى المياه السطحية والجوفية،**

يستخدم الإنسان المياه السطحية والمياه الجوفية فى أغراضه المعيشية المختلفة. وتختلف جودة هذه المياه من مكان لآخر. ففي المناطق معتدلة المناخ تكون معظم المياه السطحية والجوفية نقية إلى حد كبير. ويكثر تلوث هذه المياه فى المناطق الحارة وذلك بسبب درجة الحرارة التى تساعد على نمو الأحياء المجهرية فى الماء، وعدم كفاءة وسائل الصرف الصحى. وانخفاض الوعى الصحى فى كثير من بلاد المناطق الحارة. ويؤدى ذلك إلى تلوث كثير من مصادر مياه الشرب بالأحياء الدقيقة المسببة للأمراض مثل الدوسنتاريا، والتهاب الكبد الوبائى وغيرها من الأمراض المعدية التى تنتقل من شخص لآخر من خلال الماء الملوث. وتبين تقارير منظمة الصحة العالمية أن نسبة الإصابة بالأمراض المعدية من الماء الملوث فى الدول النامية تزيد نحو مائة مرة عن نسبة الإصابة بمثل تلك الأمراض فى الدول المتقدمة.

وتعتبر الكوليرا من الأمراض المنتشرة فى بعض الدول المتخلفة بسبب استخدام المياه الملوثة هذا بالإضافة إلى البلهارسيا والإنكلوستوما والإسكارس وغيرها .

ويسبب البراز تلوثا خطيرا للماء سواء كان برازا آدميا أو حيوانيا .

فقد يحتوى البراز على أحياء مجهرية ناقله للأمراض .

وقد تنتقل الأمراض من خلال البراز بواسطة البكتريا والفيروسات ووحيدات الخلية أو عديدة الخلايا metazoa .

وفى المناطق معتدلة المناخ تعد البكتريا المسبب الرئيسى للأمراض التى تنتقل بواسطة الماء الملوث وتكثر فى المناطق الحارة العوامل المسببة للأمراض التى تنتقل من الماء الملوث من خلال الفيروسات والبكتريا ووحيدات الخلية ، وعديدة الخلايا .

#### **البكتريا الموشدة:**

تكون البكتريا نحو ٣٠ ٪ من الحجم الكلى للبراز الرطب، ويحتوى الجرام الواحد من البراز الرطب (غير الجاف) على حوالى عشرة آلاف مليون جرثومة لاهوائية، ومائة مليون جرثومة هوائية .

ويدل العدد الهائل للبكتريا المعدية فى البراز على مدى خطورة البراز فى تلويث الماء .

ويحتوى البراز على مئات الأنواع من البكتريا النباتية ومعظم البكتريا التى تخرج من الجسم هى جزء من الأحياء النباتية التى تعيش فى داخل الجهاز الهضمى للإنسان أو الحيوان، وأن هذه الأحياء قد تكيفت على ظروف المعدة ووفرة الغذاء وحاجتها القليلة للأكسجين .

وتأثر البكتريا النباتية bacterial Flora التى تعيش فى معدة الإنسان وأمعائه بدرجة كبيرة على السلالة البشرية التى ينتمى إليها الإنسان(\*) وكذلك على نوع الغذاء.

وقد بينت الدراسات التى أجريت على عينات من براز الإنسان فى أوروبا وأمريكا والهند واليابان وأوغندا تأثر البكتريا النباتية فى المعدة والأمعاء على نوع الغذاء والأوضاع الاجتماعية والاقتصادية السائدة فى المجتمع. وفى جميع هذه العينات كانت الغلبة للبكتريا اللاهوائية بالمقارنة مع أعداد البكتريا الهوائية. وتعتمد الاختبارات البكتيرية للتعرف على تلوث الماء بالبراز على عدد من المعايير هى:

- أن تكون البكتريا متوافرة فقط فى البراز.
  - يمكن عد البكتريا بطريقة عملية ميسورة.
  - لا يمكن للبكتريا أن تنمو خارج الأمعاء.
  - أن تكون البكتريا مقاومة بدرجة كبيرة لمراحل الاختبار والمواد المستخدمة فيه.
- وتجرى مثل هذه الاختبارات بطريقة ميسورة وروتينية فى العديد من مختبرات فحص المياه وغيرها فى مختلف أنحاء العالم.

#### الأحياء المجهرية المسببة للأمراض:

يحتوى براز الإنسان أو الحيوان المريض على كميات هائلة من الأحياء المجهرية المسببة للأمراض.

(\*) يقسم العلماء الناس إلى ثلاثة مجموعات جنسية أو عرقية كبرى هى مجموعة القوقازيين، ومجموعة الزنوج، ثم مجموعة المغول. وسكان العالم فى الوقت الحاضر هم مجموعات بشرية تنتمى معظم صفات كل مجموعة منها إلى جنس من الأجناس البشرية الرئيسية. ويتألف كل شعب من شعوب الأرض من عدد من هذه المجموعات، وبالتالي عدد من الأجناس.

وبعض الأشخاص يكونون حاملين للمرض ولكن لا تظهر عليهم أعراضه، ويحتوى براز هؤلاء الأشخاص على الأحياء المجهرية المسببة للأمراض.

وقد لا يحتاج الأمر إلى فحص دورى للمياه للتعرف على مسببات الأمراض المعدية مثل الكوليرا والتيفود وغيرها. ولكن عندما يظهر المرض فى منطقة ما، أو عند محاولة القضاء عليه، فإنه يجب التعرف على الأحياء المجهرية الملوثة للماء، ويجب أن يتم ذلك من خلال مختبر مركزى لهذا الغرض.

وهناك العديد من البكتريا المعدية فى الماء فى المناطق الحارة، وأهمها:

- السالمونيلا *Salmonellae*.

- الشيغيلا *Shigellae*.

ومثل هذه البكتريا تسبب الإصابة بالتيفود والبارا تيفود والدوسنتاريا وغيرها.

وتعد المياه السطحية قرب المناطق الحضرية مياهها ملوثة كما هو الحال فى مياه الترع والقنوات فى مصر. وفى حالة الفحص الدورى للمياه يجب التأكد من وجود أو غياب مواد برازية فى الماء وما يصاحبها من وجود أحياء مجهرية ناقلة للأمراض ومسببه لها.

#### **جودة المياه المستعملة بعد معالجتها:**

توجد الأحياء المجهرية المتنوعة فى مياه الصرف الصحى غير المعالجة بتركيز يتراوح من مليون إلى عشرة ملايين جرثومة فى المليلتر من الماء..

وتأتى معظم الجراثيم فى مياه الصرف الصحى من البراز وعلى هذا الأساس فإنه إذا لم يزد تركيز الأحياء المجهرية عن جرثومة واحدة لكل ١٠٠ مليلتر من مياه الشرب دل ذلك على أن الملوثات الغائبة فى تلك المياه أقل من جزء فى المائة مليون أو الألف مليون، ومن ثم فإن لهذه المياه مخاطر ضئيلة جدا فى نقل العدوى لمن يتناولها.

وبسبب نقص مصادر المياه فى كثير من المناطق الحارة بصفة عامة، فقد تضطر السلطات للحصول على المياه من آبار ضحلة بالقرب من التجمعات السكانية والتي تكون فى الغالب مياهها ملوثة، وذلك لسد حاجة السكان من المياه. فقد اضطرت السلطان الهندية مثلا فى خلال إحدى فترات الجفاف إلى مد سكان منطقة Agra والتي تبعد عن نيودلى بنحو ١٩٠ كم، بمياه هى فى الواقع مياه الصرف الصحى لمدينة نيودلهى بعد معالجتها معالجة جزئية وليست معالجة كاملة، مما يعنى أن تلك المياه كانت تحتوى جراثيم معدية عديدة من بكتريا وفيروسات ووحيدات الخلية وعديدات الخلية .. إلخ<sup>(١٦)</sup>.

ويجب أن تشمل عمليات تنقية المياه على تخليصها من الأحياء المجهرية. ولا يفى بهذا الغرض تطهير الماء بالكلور وحدة. فقد بينت التجارب أو تطهير الماء بالكلور وحده لم يقتل كل الجراثيم. وأن وحيدات الخلية Protozoa والفيروسات تكون أكثر مقاومة من البكتريا فى حالة استخدام الكلور بمفرده فى تطهير المياه.

ويجب التعرف على الخواص الفيزيائية والكيميائية ومحتوى المياه من الأحياء المجهرية وذلك قبل الشروع فى اختيار الطرق المناسبة لمعالجة وتطهير تلك المياه الملوثة.

ويمكن اتباع الخطوات التالية فى معالجة وتنقية المياه الملوثة:

- يجب تخزين المياه كخطوة أولى لتقليل تركيز الجراثيم فيها.

- فصل الكائنات الحية الكبيرة نسبيا مثل بيض الإسكارس وبيض الدودة الشريطية بواسطة الترويق. وقد يتم فى هذه المرحلة فصل حوصلات وحيادات الخلية. وتموت فى هذه المرحلة أيضا سركاريا البلهارسيا؛ لأنها لا يمكن أن تعيش أكثر من يومين خارج جسم العائل.

- وينخفض بشكل ملحوظ عدد الفيروسات والبكتريا المسببة للأمراض فى المياه الملوثة فى وجود أشعة الشمس القوية والتي تدمر الأحماض النووية (نسبة إلى نواة الخلية) للأحياء المجهرية.



- ويتم إزالة معظم الاحياء المجهرية بعد ذلك بواسطة مرشحات رملية بطيئة، ثم مرشحات سريعة تعمل بخاصية الترشيح بالنقل، ثم اندماج المواد المترسبة مع بعضها. ورغم ذلك فإن كثيراً من الفيروسات والبكتيريا ووحيدات الخلية المسببة للأمراض تظل موجودة في المياه حتى نصل إلى مرحلة التطهير وفيها يمرر غاز الكلور لقتل تلك الاحياء المتبقية.

وعلى الرغم من أن كلورة المياه تقتل كمية كبيرة من الاحياء الجرثومية في الماء الملوث إلا أن حويصلات الأميبا تظل موجودة في تلك المياه.

وللفيروسات مقاومة متوسطة للكلورة أما البكتيريا المعوية فلها مقاومة ضعيفة تجاه الكلور.

### جودة المياه التي تستخدم في الري:

تزايد حاجة الدول في المناطق الحارة إلى المياه التي تستخدم في ري المحاصيل الزراعية اللازمة لسد حاجة السكان المتزايدة للطعام. ويتم الحصول على تلك المياه من الأنهار إذا كانت متوافرة، أما الدول الفقيرة في مصادر المياه فإنها قد تلجأ لاستخدام مياه الصرف الصحي في الري بعد معالجتها.

وهناك احتمال لانتقال الأمراض إلى الإنسان الذي يتغذى على المزروعات المروية بمياه الصرف الصحي إذا لم تتبع احتياطات معينة. أهمها أن يكون هناك فاصل زمني كبير بين وقت تلوث تلك المحاصيل واستخدامها في الأكل. وكذلك وقت كبير بين توقف ري المحاصيل بالمياه الملوثة وجني المحصول، وأن تكون المزروعات قد تعرضت لأشعة الشمس فترة طويلة؛ لأن أشعة الشمس القوية تدمر الميكروبات المسببة للأمراض.

وقد أشارت بعض الدراسات المعملية على مجموعات الاحياء المجهرية التي تعيش على أسطح أوراق النباتات وعلى أسطح الفواكه والخضروات السليمة، أنها تظل حية لفترات تتراوح من ستة أيام وحتى ٣٥ يوماً.

ولا توجد معلومات وافية عن زمن بقاء كل الأحياء المجهرية المسببة للأمراض، وبالتالي فإنه يصعب تحديد فترات معينة يجب انقضاءها بعد توقف رى المحاصيل بالمياه الملوثة وحصادها حتى تكون تلك الأحياء الدقيقة قد هلكت عن آخرها.

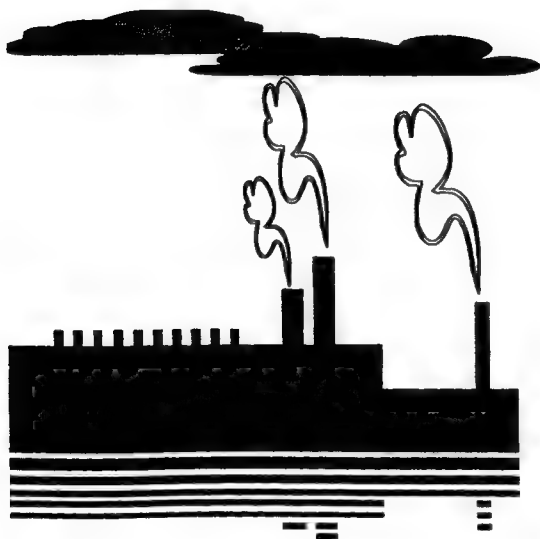
والقاعدة المتبعة فى تقييم صلاحية مياه الصرف الصحى المستخدمة فى الرى تعتمد على مراقبة مجموعات الجراثيم العسوية الشكل Coliform وأعدادها فى مياه الرى وتشير تقارير منظمة الصحة العالمية إلى أن هناك مخاطر محدودة لانتقال الأمراض من المحاصيل الزراعية المروية بمياه الصرف الصحى التى تحتوى على أحياء مجهرية عسوية الشكل Coliform تقل عن ١٠٠ جرثومة فى كل ١٠٠ مليلتر ماء.



# الفصل السابع

مبيدات الحشرات والأفات الزراعية :

مخاطرها ... وبدائلها





استخدم الإغريق منذ عصر هوميروس (القرن التاسع قبل الميلاد) الغاز الناتج عن حرق الكبريت لتطهير وتعقيم المنازل والأماكن العامة. وربما أخذوا هذه الفكرة عن قدماء المصريين أو البابليين أو الهنود أو الصينيين القدماء.

وعرف أبناء الحضارات القديمة خواص الزرنيخ السامة، وكان للصينيين القدماء طرق ناجحة للكشف عن التسمم بالزرنيخ. ويتم الآن الكشف عن التسمم بالزرنيخ (والزرنيخ اسم عرबी نقل إلى اللغة اللاتينية تحت اسم أرزنيكم Arsenicum) ببعض الطرق مثل طريقة مارش Marsh حيث يترسب الزرنيخ على هيئة مرآة من الأزرين ( $AsH_3$ ) المحترق إذا عرض له إناء خزفي. وهذا الاختبار حساس ودقيق جدا. وهناك طريقة أخرى تعرف بطريقة جوتزيت Gutzeit وفيها يتفاعل الأزرين مع محلول نترات الفضة معطيا لونا بنيا غامقا. ويعطى لونا أصفر مع بلورة من نترات الفضة.

وفي العصر الحديث استخدم الكبريت والزرنيخ والزنابق وغيرها في صناعة مركبات كيميائية متنوعة تستخدم في مقاومة الحشرات والآفات الزراعية وغيرها.

ففي سنة ١٨٥١م استخدم الفرنسيون مخلوطا من الكبريت الناعم والجير المطفأ كمبيد حشري لوقاية النباتات من الحشرات والآفات الزراعية.

والمبيدات هي مركبات كيميائية عضوية وغير عضوية تستخدم في مقاومة الحشرات والديدان والآفات الزراعية الأخرى بما فيها الحشائش والأعشاب الضارة وكذلك القوارض.

أما المركبات الكيميائية التي تستخدم في الوقاية من البكتريا والفيروسات المسببة للأمراض للإنسان والحيوان أو النبات، وكذلك الكيمياويات التي تستخدم كدواء للعلاج من الأمراض التي تسببها البكتريا والفيروسات ووحيدات الخلية والديدان المعوية في الإنسان والحيوان. فهذه الكيمياويات لا تصنف ضمن المبيدات الحشرية.

وقد أسرف الإنسان في العقود القليلة الماضية في استخدام أنواع عديدة من المبيدات في الوقاية من الحشرات والآفات الزراعية والقوارض وغيرها. وكما ساهمت هذه المركبات الكيميائية السامة في حماية المحاصيل الزراعية والقضاء على الحشرات، وبخاصة بعوض الملاريا وغيرها. فقد أدت هذه المركبات الكيميائية في تلويث الماء والهواء والتربة والأحياء النباتية والحيوانية بدرجات متفاوتة، وتشير بعض التقارير إلى أن هناك نسبة ولو ضئيلة من مبيد حشرى مشهور أسرف الإنسان في استخدامه وهو د. د. ت DDT في جسم كل إنسان على سطح الأرض. ولا غرابة في ذلك فهذا المبيد السام قد انتقل إلى الإنسان عن طريق السلسلة الغذائية والماء أيضا.

### أنواع المبيدات:

- هناك مجموعات متنوعة عديدة من المبيدات، أهمها:
  - مبيدات لقتل العثة والقراد والحشرات. . إلخ.
  - مبيدات لمكافحة الطحالب.
  - مبيدات تمنع نمو الأحياء الدقيقة على الأسطح الرطبة، وهي عبارة عن دهانات تغطي بها تلك الأسطح.
  - مبيدات جاذبة للحشرات أو الطيور لتجميعها في مصائد مناسبة، وقد تكون تلك المصائد على هيئة أسطح مغطاة بمادة لزجة تلتصق بها الحشرات أو الطيور وغيرها، أو تصاب بالتسمم بمجرد المرور أو الوقوف عليها.
  - مبيدات لمكافحة الطيور وطردها من المواقع التي ترش فيها تلك المبيدات.
  - مركبات كيميائية تعقم ذكور الحشرات فتحد من تكاثرها وانقراضها على المدى البعيد.
  - مركبات لمكافحة الحشائش والأعشاب الضارة، حيث تسقط أوراقها أو تصيب جذورها بالجفاف والموت.

- مبيدات لقتل ديدان وحشرات التربة.
- مبيدات لقتل القواقع التى تعيش على حواف الترع والمصادر المائية السطحية.
- مبيدات لقتل الديدان الحيطية، وهى ديدان صغيرة تتغذى على المواد العضوية المتحللة من جذور النباتات فى التربة الزراعية.
- مبيدات لإتلاف بيض الحشرات وبيض الديدان.
- مركبات كيميائية تطرد الحشرات عند انطلاقها فى الهواء.
- مبيدات القوارض البرية.

#### تاريخ المبيدات:

تعد مركبات الزرنيخ السامة هى أولى المبيدات التى استخدمها الإنسان فى مكافحة الحشرات والآفات الزراعية فى العصر الحديث.

وكان أول مبيد هو أخضر باريس Paris green الذى استخدمه الأمريكيون لمكافحة الخنفساء الأمريكية التى تهاجم البطاطس فى كلورادو فى سنة ١٨٦٥م.

وخنفساء البطاطس الأمريكية ليست غريبة على البيئة فى هذه المنطقة، فقد عاشت فى البرارى الأمريكية قبل عصر كولمبس (قبل سنة ١٤٩٢م) وكانت تتغذى على نبات برى يدعى عنب الثعلب وكانت هذه الخنفساء - وهى صغيرة الحجم ومرقطة - وغيرها تعيش فى توازن طبيعى فى المنطقة، وعند موتها تتحلل أجسامها وتصبح غذاء لأنواع من البكتريا فى التربة.

وبعد أن استوطن الأمريكيون تلك المناطق قاموا باقتلاع نبات عنب الثعلب والقضاء عليه تماما وزرعوا البطاطس. والتى شكلت غذاء مناسباً للخنفساء وأصبحت تهدد هذا المحصول. وقد انتقلت هذه الخنفساء إلى أوروبا فى سنة ١٨٧٦م (مع المواد الغذائية) وأخذت تهاجم محصول البطاطس فى حقول أوروبا.

وفى سنة ١٨٩٢م تم إنتاج مييد حشرى من مركبات الرصاص والزرنيخ (زرنيخات الرصاص) لرش حدائق الفاكهة، ثم زرنيخات الكالسيوم وذلك فى سنة ١٩٠٧م.

وهذه المركبات الكيمائية سامة جدا، وعندما تدخل فى معدة الحشرة فإنها تصيب جهازها العصبى بالارتخاء ثم الشلل والموت.

وفى سنة ١٨٨٦م استخدم سيانيد الهيدروجين كمبيد لوقاية أشجار الفاكهة فى كولورادو بالولايات المتحدة الأمريكية.

وفى سنة ١٩٢٩م تم إنتاج مبيد حشرى هو Dithiocyanodiethyl ether وذلك لمقاومة الذباب ويعمل سيانيد الهيدروجين وكذلك الثيوسيانيد على تعطيل العمليات الحيوية فى داخل جسم الحشرة وخلاياها فتصاب بالشلل والموت.

وفى سنة ١٩٣٦ تم إنتاج مبيد حشرى غير عضوى أيضا وهو - 3,5 Dnoc (O - Cresol - dinitro) ثم أوقف استعماله بعد ذلك.

ويلاحظ أن كل المبيدات الحشرية التى تم تركيبها واستخدامها قبل الحرب العالمية الثانية كانت مركبات غير عضوية، ويؤدى ابتلاعها بواسطة الحشرات إلى منع أكسدة الهيدروكربونات فى داخل الخلايا ومن ثم يتوقف تكون المواد اللازمة لحياة ونشاط الجهاز العصبى للحشرة.

وفى سنة ١٨١٨ أخذ الأوربيون مييدا حشرىا من إيران هو البيريثريوم Pyrethrum وقد أخذه الأمريكيون بعد ذلك فى سنة ١٨٥٨م.

كذلك أخذ الأوربيون مييدا حشرىا من إيران مستخلص من عصارة أو منقوع التسمك (النيكوتين). وتم تسويق على هيئة كبريتات النيكوتين فى سنة ١٩٠٩م.

أما أشهر مبيد حشرى وأكثرها استخداما حتى اليوم فهو د . د . ت

D. D. T (dichloro - diphenyl - Trichloro ethane)



والذى عرف لأول مرة فى باول بسويسرا سنة ١٩٣٩م، وهو مبيد فعال بالنسبة للحشرات المنازل، فما أن تحط أو تلامس الحشرة المنزلية أثارا من الـ D. D. T حتى تموت بعد بضع ثوان.

ويظل مفعول د. د. ت نشطا لبضعة أشهر ويقوم الـ د. د. ت بشل الجهاز العصبى للحشرة فترتعش ثم تموت.

وهناك مبيدات حشرية أخرى تشبه الـ د. د. ت مثل:

-Methoxychlore

- D D D

- Pyrethrins

- Allethrin

وهذه المركبات تعمل مثل د. د. ت على إتلاف الجهاز العصبى للحشرة وقتلها.

وفى سنة ١٩٤٢ تم اكتشاف مبيد حشرى بسيط وفعال هو:

BHC (bonzene - hexachloride)، وذلك فى كل من فرنسا وإنجلترا

وفى سنة ١٩٤٥ تم تركيب مبيد حشرى من مخلوط من مركبات الزيوت الطائرة يسمى chlordane، ثم تم الحصول على عدد من المشتقات لهذا المركب أكثر فعالية من المركب الاول وذلك فى سنة ١٩٤٨.

وفى سنة ١٩٤٨ أيضا تم الحصول على مركب كيميائى سام جدا وذلك بكلورة زيت التريتئين (زيت راتنجى)، وأطلق على المركب الناتج اسما تجاريا هو Toxaphene وهذا المركب يدمر الجهاز العصبى للحشرات ويقتلها إذا دخل فى جسمها.

وخلال الحرب العالمية الثانية تمكن العلماء الألمان من تطوير الصناعات الكيميائية الحربية وغيرها. وفى سنة ١٩٤٥ تمكن الكيميائيون الألمان من الحصول

على بعض مركبات الفوسفور العضوية السامة والتي استخدمت بعد ذلك كمبيدات حشرية فعالة ومنها :

الباراثيون Parathion

المالاثيون Malathion

وبعد انتهاء الحرب العالمية الثانية صنع السويسريون مبيدا حشرياً من مركبات الفوسفور العضوية وهو الديازينون Diazinon.

ويستخدم في الوقت الحاضر عدد كبير من مركبات الفوسفور العضوية كمبيدات حشرية. وبعض هذه المركبات سائل والبعض الآخر صلب، ومن أشهر تلك المركبات :

- الفوسفوروثيووات Phosphorothioates.

- الفوسفورودايتيووات Phosphorodithioates.

- الفوسفاتات وغيرها.

وتسبب هذه المبيدات الشلل للحشرات وإتلاف أجهزتها العصبية وقتلها.

وفي عام ١٩٥٣ اكتشف العلماء في الولايات المتحدة الأمريكية أنواعاً جديدة من المبيدات هي مجموعة الكربامات Carbamates وتسبب هذه المبيدات إتلاف الأجهزة العصبية للحشرات وإصابتها بالشلل والموت عندما تتعرض لها.

وفي سنة ١٩٦٩ تمكن العلماء من تحضير مركبات كيميائية عضوية تغير من الخواص الفسيولوجية في داخل أجسام الحشرات وتؤدي إلى إعاقة نموها ونضوجها كوسيلة للحد من انتشارها والسيطرة عليها.

**مبيدات الأعشاب:**

استخدم زرنيخات الصوديوم كأول مبيد للأعشاب الضارة في سنة ١٩٠٠ ويؤدي هذا المبيد إلى جعل التربة جدياء.

واستخدم بعد ذلك كلورات الصوديوم وزيت الديزل وغيرهما من المركبات الكيميائية السامة والطيارة وذلك للقضاء على الحشائش والأعشاب الضارة. وتؤدي تلك المبيدات إلى إتلاف خلايا الأعشاب وتعطيل عملياتها الحيوية ومن ثم تموت تلك الأعشاب.

وفي سنة ١٩٣٥ استخدمت مبيدات أعشاب عضوية من شأنها أن تصيب جذور الحشائش والأعشاب بالتلف، ومن أشهر تلك المبيدات هي مجموعة الفينوكس Phenoxy herbicides والتي اكتشفها العلماء الأمريكيون والبريطانيون في سنة ١٩٤٤ وتحديث هذه المركبات الكيميائية السامة اضطرابات في العمليات الحيوية في داخل أنسجة الأعشاب وتدمرها. وبعض هذه المركبات تمنع وصول الماء من جذور الأعشاب إلى أجزائها العليا وتدمر الكلوروفيل وتجف الجذور وتعفن كل خلايا جسم العشب.

وقد اكتشف مبيدات اليوريا Urea herbicides من خلال البحوث الخاصة بالحرب الكيميائية في الحرب العالمية الثانية، وبدأ استخدامها في مقاومة الأعشاب في سنة ١٩٥١، وهي تعمل على تعقيم التربة وجعلها جدياء، وعندما يمتصها العشب مع الماء من التربة فإنها تدمر الكلوروفيل فيه وتوقف بذلك العمليات الحيوية في داخل الخلايا فيموت العشب بعد ذلك.

وفي عام ١٩٥٢ اخترع السويسريون عددا من مبيدات الأعشاب مثل:

- التريازين Triazine.

- الأترازين Atrazine.

وتستخدم هذه المبيدات في القضاء على الحشائش التي تنمو في زراعات الذرة؛ لأن الذرة تقاوم هذه المبيدات ولا تتأثر بها.

وتحدث مبيدات التريازين والأترازين تدميرا لخلايا الكلوروفيل وتعوق نمو الأعشاب وتقتلها.

ومنذ بداية الستينيات ظهرت العديد من مبيات الأعشاب، ويصلح بعضها للقضاء على الأعشاب التي تنمو في حقول البطاطس مثل:

البيريدينليوم Bipyridylum .

وهناك مبيدات انتشر استخدامها في هذه الفترة مثل:

- الأميدات Amides .

- الكربامات Carbarnates .

- الثيوكربامات Thiocarbarnates .

- الفينولات Phenoles .

### مبيدات الفطريات Fungicides .

استخدام الفرنسيون مخلوط من مسحوق الكبريت والجير المطفأ الناعمين (بنسبة ٢ جزء كبريت إلى ١ جزء جير مطفأ)؛ لرش نباتات الزيتة لحمايتها من الفطريات وبخاصة حشرة المن.

واستخدم بعد ذلك مخلوط من كبريتات النحاس والجير المطفأ (بنسبة جزء واحد كبريتات نحاس إلى ٢ جزء جير مطفأ)؛ وذلك لقتل الديدان والحشرات مفصليه الأرجل التي تصيب المحاصيل، وكذلك لحماية أشجار العنب من مرض العفن الفطري.

الجدير بالذكر أن اليمينين قد توارثوا عادة رش مزارع العنب المشهورة في اليمن، بالتراب الناعم وذلك لحمايته من الفطريات المختلفة.

وفي سنة ١٩١٣ استخدم الألمان مركبات الزئبق العضوية وهي Organic mercurials؛ لحماية الحبوب من الإصابة بالفطريات.

ويوجد الآن أنواع عديدة من مبيات الفطريات مثل:

- كوينون كلورانيل quinones chloranil .

- داي كلون dichlone .

- داي ثيوكاربامات dithiocarbamate .

وتستخدم هذه المبيات لوقاية أشجار الفاكهة والمحاصيل والخضروات وغيرها من أخطار الفطريات .

### تلوث البيئة بالمبيدات:

أفرط الإنسان في استخدام مبيدات الحشرات والفطريات والأعشاب؛ لوقاية المزروعات من أخطار الحشرات والآفات الزراعية وذلك منذ بداية النصف الثاني من هذا القرن (القرن العشرين).

والمبيدات هي مركبات كيميائية سامة تسبب الأمراض الخطيرة للإنسان والحيوان . وقد بينت التجارب العملية إصابة حيوانات التجارب بالأورام والسرطان غند تعرضها لتلك المبيدات .

ومبيدات الأعشاب أقل خطورة على الإنسان من مبيدات الحشرات (١٧).

وعندما ترش المبيدات في المزروعات فإن جزءا منها يترسب في التربة . ويتطاير في الهواء جزء آخر، وبخاصة في حالة رش المبيدات بالطائرات . وقد تصل نسبة المبيدات المتبقية في التربة الزراعية إلى ١٥٪ من كمية المبيدات المستعملة .

ولا يزول أثر معظم المبيدات من التربة الزراعية إلا بعد انقضاء فترات طويلة قد تصل إلى عشرة أعوام .

وقد تقوم بعض الفطريات بتكسير بعض المبيدات وتحويلها إلى مركبات كيميائية غير سامة، مثل فطر بنسليوم كوريلو فيليوم الذي يقوم بتكسير المبيد الحشري مونوكروتوفوس عن طريق إفراز إنزيم مؤكسد إلى التربة . ويعمل هذا الإنزيم في مدى واسع من تركيز أيون الهيدروجين في التربة الزراعية، ويكون هذا الإنزيم في أعلى نشاط عند تركيز أيون الهيدروجين ثمانية (أي من التربة ذات الصفات القلوية) (١٨) .

وبالطبع ليست كل التربات الزراعية لها صفات قلوية. ومن ثم فإن مثل هذا الفطر لا يعمل أو يعمل بكفاءة ضئيلة فى تكسير المبيد الحشرى المشار إليه فى النبات التى لا تتوافر فيها البيئة المناسبة لنشاط فطر البنسليوم كوريلو فيليوم.

معنى ذلك أن جزءا كبيرا من المبيدات تظل فى التربة وقد تمتصها النباتات وتخزننها فى أنسجتها المختلفة وقد تجد طريقها فى النهاية إلى جسم الإنسان.

وتشطف مياه الأمطار ومياه الصرف الزراعى جزءا من المبيدات من التربة وتصبها فى الأجسام المائية السطحية كالترع والأنهار وغيرها فتلوثها وتلوث الاحياء التى تعيش فى هذه المياه. وقد يتسرب جزء كبير من هذه المبيدات مع المياه السطحية إلى المياه الجوفية الضحلة.

وعلى الرغم من الدور الإيجابى الذى تلعبه المبيدات فى حماية الثروة الزراعية من الحشرات والآفات الزراعية إلا أنها تلوث الماء والهواء والتربة والغذاء بدرجات متفاوتة.

وتبين تقارير منظمة الصحة العالمية وقوع نحو نصف مليون حالة تسمم بالمبيدات فى العالم سنويا، منهم ١٪ (أى ٥٠٠٠) إصاباتهم قاتلة<sup>(١٧)</sup>.

قد يتفاعل مبيد مع مبيد آخر ويتبع عن ذلك أضرار بالغة بصحة البيئة أكبر من مجموع الأضرار التى تحدث عن كل مبيد على حدة، وبخاصة فى جسم الإنسان، فبعض المبيدات تشد أزر بعضها البعض إذا ما اجتمعت فى جسم الإنسان.

وكما تقتل مبيدات الحشرات، الحشرات الضارة فإنها تقتل أيضا الحشرات النافعة مثل نحل العسل، وكذلك طيور الحقل التى تتغذى عادة على الديدان والحشرات التى تصيب المزروعات ومن تلك الطيور أبو قردان والغراب والحداة والعصافير وغيرها.

وتمتص النباتات كميات متفاوتة من مبيدات الحشرات والأعشاب والفطريات، وتنقل هذه المبيدات - ولو بنسبة ضئيلة جدا - إلى الحيوانات التى تتغذى على النباتات، وقد تنتقل تلك المبيدات إلى جسم الإنسان مباشرة إذ أكل فواكه وخضروات وحبوب ملوثة بالمبيدات.

وعندما تصل المبيدات إلى المياه السطحية كالبحيرات والأنهار فإنها تلوثها وتغير نظامها البيئي، حيث تقتل كثيرا من الأحياء المائية الدقيقة، والتي تلعب دورا هاما في تنقية المياه من المواد العضوية، ويترسب كثير من تلك المبيدات في أجسام الأسماك التي تنجو من الموت، وبمرور الوقت تصبح هذه الأسماك ملوثة وتصيب الإنسان أو الطيور المائية التي تتغذى على الأسماك بالتلوث.

وللمبيدات التي تستخدم في مقاومة الحشرات في المنازل دور كبير في تلويث الهواء، فهي كما تقتل الحشرات على الفور، تقتل الإنسان على مهل، وبعض تلك المبيدات تستخدم كمادة طاردة للبعوض؛ ذلك إنها تطلق عند تسخينها غازات طاردة للبعوض وهي في الغالب غازات فينولية قاتلة وهي من المواد المسرطنة.

وعموما يؤدي الإفراط في استخدام المبيدات إلى فقدان التوازن الطبيعي في البيئة القائم بين الآفات وأعدائها، وقد يتقلب الميزان لصالح الآفات الزراعية كما هو الحال في دودة القطن في مصر، حيث قتلت المبيدات التي استخدمت بكثرة في السنوات الماضية كل الأعداء الطبيعيين لدودة القطن، مما أطلق العنان لتلك الدودة فتكاثر وزادت أعدادها بصورة خطيرة.

#### مبيدات المبيدات

يعتقد بعض العلماء أنه يمكن الاستغناء عن مبيدات الآفات الزراعية، وذلك باستنباط سلالات نباتية تكون أكثر مقاومة للآفات الزراعية من النباتات الحالية.

وقد أمكن بالفعل استنباط أصناف جديدة من قصب السكر ومن الذرة ذات مقدرة كبيرة في مقاومة الديدان الحفارة، ومن ثم أمكن تقليل الفاقد من هذه المزروعات بسبب الإصابة بالآفات الزراعية إلى أكثر من ٧٠٪<sup>(١٧)</sup>.

وتم الحصول أيضا على سلالات من الشعير والذرة والشوفان والقمح يمكنها مقاومة الفطريات التي تصيب أوراق هذه المحاصيل بالتيس والصدأ.

ويحاول العلماء حاليا استنباط سلالات مهجنة ذات قدرة كبيرة على مقاومة الآفات الزراعية. ولو نجح العلماء في مقصدهم هذا ربما ظهرت لتلك النباتات الجديدة أعداء جدد أيضا أكثر تطورا من أسلافهم القدامى.. وهكذا.

ومعروف أنه لكل آفة من الآفات الزراعية عدو طبيعى يتربص به ليقتله ويتغذى عليه، ويؤدى هذا إلى وجود توازن طبيعى بين الآفات وأعدائها الطبيعيين. ويحاول العلماء استخدام هذه الظاهرة فى مقاومة الآفات الزراعية فيما يعرف بالمقاومة البيولوجية. ومن الأمثلة المشهورة فى هذا المجال هو فيروس يعرف باسم Borrelina Campeoles وهو فيروس قاتل لدودة البرسيم المعروفة باسم alfoalfo caterpillar.

وهناك فصيلة من البكتريا هى Bacillus spp تعد العدو الأول للخنفساء اليابانية، فإذا اجتمعا معا قضت البكتريا على الخنفساء.

وهناك ذباب يعرف باسم Tachinid flies يهاجم الحشرات التى تصيب الأشجار الخشبية.

واستخدم العلماء فيروس يعرف باسم Heliothia zea لمقاومة دودة القطن ودودة براعم التبناك. ويحاول العلماء إيجاد كائنات حية تتطفل على الحشرات والآفات الزراعية وتفرسها أو حتى تصيبها بالأمراض الفتالة. وكلما تقدم العلماء خطوة فى هذا المجال خطت الآفات خطوة أخرى مماثلة واكتسبت مقاومة تجاه أعدائها الجدد.

وقد نجح العلماء حتى الآن فى السيطرة على حوالى ١٠٠ حشرة ضارة على مستوى العالم (منهم ٤٦ حشرة تعيش فى الولايات المتحدة الأمريكية).

وهناك من يجبذ استخدام المقاومة البيولوجية للآفات والحشرات الضارة (باستخدام أعدائها الطبيعيين من الأحياء) جنبا إلى جنب مع المقاومة الكيميائية؛ وذلك لغرض التقليل والحد من استخدام المبيدات الحشرية وحدها فى مقاومة الآفات.

وتعد طريقة تعقيم ذكور الحشرات وسيلة فعالة فى مقاومة الحشرات الضارة، وفى هذه الطريقة تستخدم شركاء خاصة مزودة بهرمونات معينة تجذب ذكور نوع



معين من الحشرات، فتجتمع تلك الذكور وتقع في هذه الشراك وحيثئذ يمكن القضاء عليها باستخدام المبيدات الكيميائية - والتي تتم على نطاق ضيق لا يلوث البيئة تلوثا يذكر .

وهناك محاولات يقوم بها البريطانيون لاستنباط فيروسات معينة تقتل الحشرات الضارة ثم تدمر نفسها بنفسها بعد انقضاء مهمتها<sup>(١)</sup> .

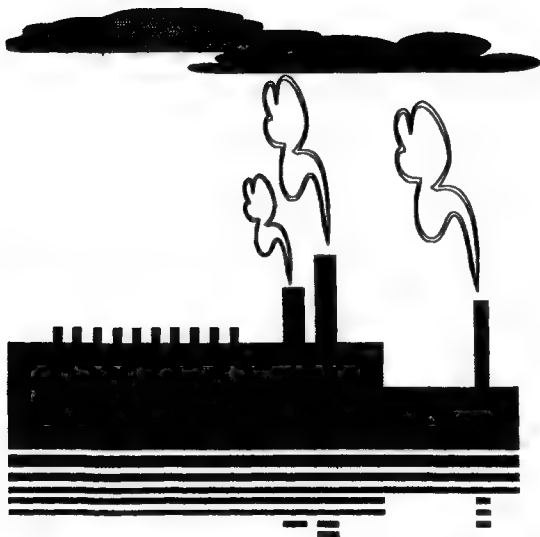
ويبقى سؤال : ماذا لو نجح العلماء في استنباط هذه الفيروسات، وفي مرحلة معينة أبت هذه الفيروسات أن تدمر نفسها بنفسها؟ .





# الفصل الثامن

## التلوث النووي





إذا كان تلوث الماء والهواء والبر والبحر بالغازات السامة والنفايات الصلبة والسائلة والأحياء الدقيقة. إلخ شيئاً مألوفاً من قديم الزمان، وإن اشتدت حدته وزادت خطورته في عصرنا الحاضر، فإن هناك ملوثات جديدة قد أضيفت إلى تلك الملوثات وزادت أخطارها في هذا العصر. ومن تلك الملوثات: المواد المشعة والضوضاء والحرارة... إلخ.

وقد رادت آثار تلك الملوثات اعتباراً من النصف الثاني من القرن العشرين وذلك بسبب النشاط البشرى غير المتوازن.

### **النشاط الإشعاعي والعناصر المشعة:**

النشاط الإشعاعي ظاهرة طبيعية - أو عملية جيولوجية - ولا سبيل إلى منعها، ولا حيلة لنا في ذلك.

والنشاط الإشعاعي عملية مميزة لبعض العناصر الكيميائية دون غيرها. ولها آثار إيجابية وأخرى سلبية على صحة الإنسان والحيوان والنبات والبيئة بصفه عامة.

ولذرات بعض العناصر الكيميائية خاصية التفكك والانحلال تلقائياً، ويتج عنها عناصر كيميائية جديدة مع انطلاق جسيمات تحمل شحنات كهربائية موجبة أو سالبة، وكذلك موجات غير مشحونة وتشبه موجات الضوء.

وتعرف المواد المنطلقة في أثناء ونتيجة تحلل المواد المشعة باسم الإشعاعات النووية وهي ملوثات خطيرة للبيئة.

وهناك نوعان من الإشعاعات هي:

١ - الإشعاعات غير المؤينة للمواد.

٢ - الإشعاعات المؤينة للمواد.

والإشعاعات غير المؤينة للمواد هي إشعاعات ذات أطوال موجية قصيرة، وطاقة عالية، وهي تسبب الضرر لبعض الأحياء الدقيقة، ولكنها تؤثر تأثيراً محدوداً في الأنسجة السطحية لأجسام الحيوانات والنباتات التي تتعرض لها. وقد تزيد هذه الإشعاعات من معدل انقسام الخلايا في أجسام الأحياء الدقيقة.

وقد تمتص النباتات الأشعة فوق البنفسجية، غير أن هذه الأشعة غير ضرورية لنمو تلك النباتات كما هو الحال في نباتات الصوبات الزراعية.

وهناك إنزيمات تعمل على حفظ صحة الخلايا وعدم تلفها بفعل الأشعة فوق البنفسجية التي تتعرض لها.

### الأشعة المؤينة،

الأشعة المؤينة للأجسام هي أشعة ملوثة للبيئة ولهذه الأشعة طاقة عالية يمكنها أن تؤين الذرات والجزيئات في الأجسام التي تتعرض لها.

وتأين الذرة إذا اكتسبت قدراً كبيراً من الطاقة يكفى لانفصال إلكترون أو أكثر من إلكتروناتها. وتأين الجزيء يؤدي إلى تكون شقين مشحونين بشحنتين مختلفتين، مثل تأين جزيء ماء كما هو موضح فيما يلي:



فشق الهيدروجيل يحمل شحنة موجبة، والهيدروكسيل يحمل شحنة سالبة. أما إذا تكون شقين غير مشحونين فيطلق عليهما عندئذ اسم الشقوق الحرة Free radicals.

وتأتي خطورة الإشعاعات المؤينة التي تتعرض لها أنسجة الأجسام الحية في أنها تفكك أو تجزأ مكونات الجسم إلى أيونات مشحونة بشحنات كهربائية أو إلى شقوق حرة.

وقد تتحد تلك الأيونات أو الشقوق مع بعضها البعض وتكون مركبات جديدة قد يكون لبعضها صفات مشعة، وتصبح هذه المركبات الجديدة بمثابة مراكز

مشعة فى داخل الجسم، ويتوقف عددها على شدة وكمية الإشعاعات التى يتعرض لها الجسم، وتؤدى هذه البؤر المشعة إلى تكون الخلايا السرطانية فى داخل الجسم.

وقد تؤثر الإشعاعات على الخواص الكيميائية الجينية للخلايا. ولهذه الخواص الكيميائية الدور الأساسى فى عملية انقسام الخلية. وقد يؤدى تغير تلك الصفات إلى حدوث انقسام غير طبيعى للخلايا وتولّد الخلايا السرطانية.

والإشعاعات النووية لها مصادر متعددة. فمنها ما يأتى من الأجسام الكونية كالشمس والنجوم والكواكب وغيرها، ويقوم الغلاف الجوى بحجب وتبديد الجزء الأكبر من تلك الإشعاعات، وبالتالي فلا يصل إلى سطح الأرض إلا جزء ضئيل لا يؤثر تأثيرا يذكر.

ومن الإشعاعات ما يصدر من الأجهزة الكهربائية المنزلية مثل التليفزيون والراديو وغيرها، ومنها ما يصدر من الأجسام الطبيعية مثل مكونات المبنى من أحجار وأسمنت وغيرها، خاصة إذا احتوت تلك المكونات على مواد مشعة كما هو الحال فى الساحل الشمالى، حيث توجد الرمال السوداء فى هذه المنطقة، وهى مواد غنية بالمواد المشعة.

كما أن هناك هناك إشعاعات تنبعث من أجسام الكائنات الحية ذاتها، وتعتبر هذه الإشعاعات عادية وغير ضارة لجسم الإنسان بشرط ألا يتعرض الإنسان لجرعات زائدة ولفترات طويلة متصلة من تلك الإشعاعات.

أما الإشعاعات الصادرة من المواد المشعة مثل اليورانيوم والثوريوم وغيرها من العناصر الكيميائية المشعة، وكذلك الإشعاعات المنطلقة فى أثناء التفاعلات النووية أو من المفاعلات النووية فهى إشعاعات خطيرة ومدمرة لصحة الإنسان والحيوان والنبات والبيئة بصفة خاصة إذا كانت فى جرعات مركزة ولفترات طويلة متصلة أو حتى غير متصلة.

ولا ينسى العالم ما حدث للحياة بأكملها (بشرية وحيوانية ونباتية) فى مدينتى هيروشيما وناجازاكي اليابانيتين، حيث أبيدت الحياة تماما فى هاتين المدينتين

نتيجة إلقاء قنبلتين ذريتين عليهما فى سنة ١٩٤٥م. حيث أقيمت القنبلة الأولى على هيروشيما فى السادس من أغسطس وأقيمت الثانية على ناغازاكي بعدها بثلاثة أيام. وقتلت قنبلة هيروشيما أكثر من سبعين ألفا من سكان المنطقة فى لحظة واحدة. ولم يكن حظ من نجا من سكان هاتين المدينتين بأوفر من خط من أبيدوا فى الكارثة، فقد تشوهت أجسامهم وذرياتهم؛ نتيجة تعرضهم للإشعاعات النووية، وقضوا بقية أعمارهم فى الآلام.

والطاقة النووية فى واقع الأمر هى مصدر هام من مصادر الطاقة المستقبلية، وذلك على الرغم من أنه لا توجد ضمانات كافية حتى الآن للسيطرة على الطاقة النووية وتلافى أخطارها.

وتلعب الطاقة النووية دورا هاما فى الاقتصاد العالمى. والطاقة النووية فى المفاعل النووى هى الحرارة المنطلقة فى أثناء الانشطار النووى المتحكم فيه، لبعض نظائر العناصر المشعة المناسبة، ويمكن الحصول على الطاقة النووية من نفس العناصر المشعة: اليورانيوم (٢٣٨)، واليورانيوم (٢٣٥)، والثوريوم (٢٣٢)، وهى العناصر التى تتحلل تلقائيا فى جوف الأرض وتنطلق منها الحرارة التى تجعل باطن الأرض حارا على الدوام.

ويمكن إحداث الانشطار النووى فى المفاعلات النووية بقذف ذرات العناصر المشعة بالنيوترونات، حيث يؤدى ذلك إلى التسريع أو التعجيل بالانشطار النووى وتحرر الطاقة الحرارية.

وعند انشطار ذرات اليورانيوم (ذو الوزن الذرى ٢٣٥)، فإن هذا الانشطار لا يحرر طاقة حرارية وتكون عناصر كيميائية جديدة فحسب، ولكنه يقذف ببعض النيوترونات من نويات تلك الذرات، ويمكن استخدام تلك النيوترونات فى إحداث عمليات انشطار نووى جديدة لذرات اليورانيوم (٢٣٥)، وبالتالي تتكون سلسلة تفاعل انشطاري مستمرة فى داخل المفاعل النووى. وتأتى أهمية المفاعل النووى فى التحكم فى فيض النيوترونات المنطلقة وبالتالي التحكم فى سير وإتمام عملية الانشطار النووى فإذا لم يمكن التحكم فى سلسلة التفاعل النووى هذه



يحدث انفجار نووى . وعلى هذا الأساس فإن الانشطار النووى المتحكم فيه هو الطريقة المستخدمة فى مشروعات الطاقة النووية والتي يمكن الحصول منها على مقادير هائلة من الطاقة الحرارية .

فالطاقة الحرارية الناتجة عن الانشطار النووى لجرام واحد من اليورانيوم (ذو الوزن الذرى ٢٣٥) تعادل الطاقة الحرارية المتولدة من حرق ١٣,٧ برميل من البترول .

ويتألف اليورانيوم الموجود فى الأرض من ثلاثة نظائر هى :

(١) اليورانيوم ذو الوزن الذرى (٢٣٨)، ويكون حوالى ٩٩,٢٨ ٪ من كل اليورانيوم فى الطبيعة .

(٢) اليورانيوم ذو الوزن الذرى (٢٣٥)، ويكون حوالى ٠,٧١ ٪ من كل اليورانيوم فى الطبيعة .

(٣) اليورانيوم ذو الوزن الذرى (٢٣٤)، ويكون حوالى ٠,٠٠٥ ٪ من كل اليورانيوم فى الطبيعة .

ونظير اليورانيوم ذو الوزن الذرى (٢٣٥) هو النظير الوحيد لليورانيوم الذى يمكنه تكوين سلسلة تفاعل مستمرة، غير أنه يوجد بنسبة ضئيلة جداً بالنسبة لليورانيوم (٢٣٨)، والثوريوم (٢٣٢) فى الطبيعة . حيث توجد ذرة واحدة من اليورانيوم (٢٣٥) فى كل ١٣٨,٨ ذرة يورانيوم فى الطبيعة . أما بقية اليورانيوم فإنه لا يكون سلسلة تفاعل نووى مستمرة وتستخدم كل مفاعلات الطاقة النووية فى الوقت الحاضر ذرات اليورانيوم (٢٣٥) .

وإذا وضعت ذرات اليورانيوم (٢٣٨) فى داخل مفاعل نووى بجوار ذرات يورانيوم (٢٣٥) آخذة فى الانشطار النووى . فإن بعض النيوترونات التى تنطلق أثناء انشطار ذرات اليورانيوم (٢٣٥)، فإنها تصطدم بنويات ذرات اليورانيوم (٢٣٨) وتحولها إلى نظير مشع جديد هو البلوتونيوم (٢٣٩) . ويمكن لهذا النظير المشع تكوين سلسلة تفاعل نووى انشطاري خاصة به تحت ظروف مناسبة .

ويسمى المفاعل النووي الذى يتحول فيه اليورانيوم (٢٣٨) إلى البلوتونيوم (٢٣٩) باسم المفاعل المولد Breeder reactor وفى مثل هذا المفاعل المولد يمكن تحويل الثوريوم (٢٣٢) إلى عنصر جديد هو اليورانيوم (٢٣٣) والذى يمكنه تكوين سلسلة تفاعل نووى انشطاري.



وهناك عقبات فنية فى نقل المفاعلات المولدة من المستوى التجريبي المحدود إلى الاستخدام الصناعى الواسع التطبيق.

ويوجد فى الوقت الحاضر عدد كبير من المفاعلات النووية لإنتاج الطاقة الحرارية فى مختلف دول العالم، وهو الاستخدام السلمى للطاقة النووية. ومن المؤسف حقا أن استخدام الطاقة النووية قد بدأ بالاستخدام العدوانى لتلك الطاقة وذلك فى عام ١٩٤٥، كما ذكرنا آنفا، وقد تم تشغيل أول مفاعل نووى لإنتاج عنصر البلوتونيوم الذى تصنع منه القنبلة الذرية فى عام ١٩٤٢م فى الولايات المتحدة الأمريكية.

وتستغل الآن الطاقة النووية ومنذ ١٩٤٥ فى إنتاج الطاقة الكهربائية، حيث تستخدم الطاقة الحرارية المتولدة من الانشطار النووى فى إنتاج بخار الماء الذى يستخدم فى تشغيل توربينات لتوليد الطاقة الكهربائية. وتغضى الطاقة الكهربائية المتولدة بهذه العملية حوالى ٧,٦ ٪ من احتياجات العالم من الطاقة الكهربائية<sup>(١٩)</sup>.

وتتراوح الطاقة الكهربائية التى تعتمد على الطاقة النووية فى إنتاجها من ١١ ٪ إلى ٦٥ ٪ من مجموع الطاقة الكهربائية المنتجة فى بعض الدول. وتزداد نسبة الطاقة الكهربائية المتولدة من الطاقة النووية باستمرار فى عدد من الدول وذلك بسبب نقص أو قلة الوقود الأحفورى (الفحم والبترو) الذى يمكن استخدامه فى توليد الكهرباء فى هذه الدول. وتصل نسبة الطاقة الكهربائية المتولدة بالطاقة النووية إلى ١١ ٪ فى بعض دول الاتحاد السوفيتى السابق. وفى الولايات المتحدة الأمريكية ١٧ ٪ وفى السويد ٥٠ ٪، وفى سويسرا ٤٠ ٪، وفنلندا ٣٨ ٪، وبلغاريا ٣٠ ٪، وبلجيكا ٦٠ ٪، وحوالى ٦٥ ٪ فى الهند... إلخ.

ورغم التوسع فى استخدام الطاقة النووية على المستوى العالمى لإنتاج الطاقة الكهربائية، إلا أنه لا توجد حتى الآن ضمانات كافية للسيطرة على الطاقة النووية ومنع حدوث كوارث نووية تكون آثارها بشعة على جميع الكائنات الحية والبيئة كلها، والدليل على ذلك تكرار وقوع حوادث المفاعلات النووية، هذا بالإضافة إلى وجود خطر نووى آخر هو التلوث الناتج عن النفايات النووية وهى مخلفات المفاعلات النووية.

وقد تعرضت العديد من المفاعلات النووية لوقوع حوادث مختلفة مثل نشوب الحرائق أو انفجار المفاعل أو وقوع خلل فى مضخات التبريد... إلخ ويصاحب ذلك ويتبع عنه تسرب الإشعاعات النووية بكميات مختلفة فتلوث الهواء والماء والتربة وتصل تلك الملوثات فى نهاية المطاف إلى جسم الإنسان.

وربما بدأت حوادث المفاعلات النووية بنشوب حريق فى مفاعل يعرف باسم وندسكيل Windscale والذي يقع على بعد نحو ٦٠ ميلا شمال شرقى لندن. وتسربت من هذا المفاعل سحابة من الغبار الذرى تتكون من عدد كبير من النظائر المشعة مثل الزينون (١٣٣)، واليود (١٣١)، والسيزيوم (١٣٧)، والبولونيوم (٢١٠)... إلخ. وقد زحفت هذه السحابة لتغطى مناطق واسعة فى إنجلترا ثم دفعتها الرياح إلى الأجواء الأوربية. وبالطبع قامت الأمطار بإتزال العديد من هذه المخلفات المشعة إلى التربة والمياه فى إنجلترا وأوروبا ولوثتها بدرجات متفاوتة، ثم انتقلت هذه الملوثات إلى النبات فالحيوان فالإنسان فى نهاية المطاف.

ولم يعلن عن حادث مفاعل وندسكيل البريطانى الذى وقع فى سنة ١٩٥٧م وذلك خوفا من ثورة الرأى العام الأوروبى والبريطانى. ولم تعرف هذه المعلومات إلا بعد وقوع الحادث بوقت كبير.

ووقع الحادث الثانى للمفاعلات النووية فى الولايات المتحدة الأمريكية وذلك بانفجار محطة الطاقة النووية فى منطقة تدعى ثرى مايلز أيلند فى مارس ١٩٧٩ وذلك بسبب خلل فى إحدى مضخات تبريد المفاعل وبالطبع انطلقت من المفاعل المنفجر سحابة من النظائر المشعة ووزعت على المناطق المجاورة لمسطة

المفاعل لتستقر تلك الملوثات الخطيرة فى التربة والمياه وتتقل تدريجيا إلى أجسام النباتات فالحيوانات فالإنسان، ولم يعلن أيضا عن تلك الحادثة فى حينها.

أما الحادثة الثالثة فقد أصابت أحد المفاعلات النووية فى ويستفاليا بألمانيا فى نهاية ١٩٨٥م. وأدى ذلك إلى تسرب سحابة من الغبار النووى فى الهواء الجوى لتوزعها الرياح كما هى العادة على المناطق المحيطة، لتترسب بفعل الأمطار (والجاذبية الأرضية) فى التربات الزراعية والمياه تمهيدا لانتقالها إلى أجسام البشر عبر الأغذية النباتية والحيوانية.

ولم يعلن أيضا عن هذا الحادث فى حينه ولم يعرف عنه إلا القليل بعد فترة طويلة.

أما الحادث الرابع من حوادث المفاعلات النووية والذي نال شهرة كبيرة، بفضل الإعلان الغربى لأغراض سياسية. الخ، فهو حادث انفجار مفاعل تشرنوبيل بغرب أوكرانيا والذي وقع فى ٢٦ أبريل سنة ١٩٨٦م. وقد دفع هذا الانفجار الذى وقع فى إحدى محطات القوى فى مفاعل تشرنوبيل بسحابة من الغبار النووى إلى الهواء الجوى، ووزعتها الرياح إلى أجواء العديد من الدول المجاورة.

ويسبب الإعلان الأوروبى والأمريكى لأخبار انفجار مفاعل تشرنوبيل؛ لأغراض سياسية بصفة رئيسية كجزء من الحرب الباردة بين الغرب والاتحاد السوفيتى السابق، فقد عرف العالم أن هناك نحو ٣٢ شخصا قد لقوا حتفهم بسبب الإشعاعات النووية المركزة فى موقع الانفجار، وتم ترحيل أكثر من ١٣ ألف من سكان المنطقة إلى مناطق بعيدة.

وقد انتشرت فى أجواء الدول الأوروبية والآسيوية العديد من النظائر المشعة القاتلة مثل البلوتونيوم (٢٣٩)، والروثينيوم (١٠٣)، والرثينيوم (١٠٦)، والسيزيوم (١٣٤)، والسيزيوم (١٣٧)، والباريوم (١٤٠)، واليود (١٣١، ١٣٢) والاسترنتسيوم (٩٠). ويعد الاسترنتسيوم (٩٠) من أخطر تلك النظائر على صحة الإنسان والحيوان، وذلك بسبب التشابه بينه وبين الكالسيوم فى التفاعلات الحيوية

أو الأيض metabolism ومن ثم يدخل هذا النظر في جسم الإنسان عبر سلسلة الغذاء كالأسماك والنباتات ومنتجات الحيوانات من لحوم وألبان وكذلك في مياه الشرب.

وقد وجد أن امتصاص عنصر الاسترنشيوم (بما فيها الاسترنشيوم ٩٠) في الجهاز الهضمي للإنسان يتناسب عكسيا مع امتصاص وتركيز عنصر الكالسيوم في الأمعاء، بمعنى أنه إذا زاد امتصاص الكالسيوم إنخفض امتصاص الاسترنشيوم والعكس صحيحاً<sup>(٦)</sup>.

وعلى هذا الأساس يجب الاهتمام بغذاء الأطفال، وبخاصة في مراحل نموهم السريع وتكون العظام بحيث تتوافر نسبة عالية من الكالسيوم في غذائهم حتى لا يترسب الاسترنشيوم في عظامهم وما يتبع ذلك من حدوث متاعب صحية عديدة.

وقد اكتشف الفيزيائي الفرنسي هنري بيكوريل H. Becquerel ظاهرة النشاط الإشعاعي في سنة ١٨٩٦م وذلك في أثناء تحميض فيلم كان موجودا بالقرب من أحد معادن اليورانيوم (معدن البثبلند) وقد وجد بيكوريل وزميلان له هما بيركوري B. Curie وزوجته ماري كوري M. Curie أن الفيلم قد تعرض للضوء رغم أنه كان بعيدا عنه، وهنا بدأ البحث عن كيفية تعرض الفيلم للضوء.

وكانت النتيجة اكتشاف عنصرين كيميائيين جديدين هما البولونيوم (نسبة إلى بولندا، مسقط رأس ماري كوري)، والراديوم (ومعناها الشعاع في اللغة اللاتينية). وهما من نواتج التحلل الإشعاعي لليورانيوم. وذلك بالتغير في نواة ذرة اليورانيوم وانطلاق واحد أو أكثر من الانبعاثات سميت بالأحرف الأولى من حروف الهجاء اليونانية وهي ألفا، بيتا، جاما.

### أشعة ألفا،

تتكون هذه الأشعة أو الدقائق من أيونات الهيليوم، وتنتقل بسرعة كبيرة تصل إلى ١، من سرعة الضوء (سرعة الضوء هي ٢٩٩٧٥٦ كم/ثانية) وهذه الأشعة ثقيلة نسبيا، حيث تصل كتلتها إلى أربعة أمثال ذرة الهيدروجين.

ونظرا لثقل هذه الدقائق وانخفاض سرعتها النسبية، فإنها لا تنفذ بسهولة خلال الأجسام ويمكن إيقافها إذا اعترض طريقها صفيحة رقيقة من الألومنيوم لا يزيد سمكها عن ١،٠ ملليمتر.

### **أشعة بيتا**

تتكون هذه الأشعة من دقائق سالبة التكهرب وهي صغيرة بالمقارنة مع كتلة دقائق ألفا، وهي تساوي ١/١٨٤٥ من كتلة ذرة الهيدروجين تقريبا، ولها سرعة عالية تقترب من سرعة الضوء ويمكنها اختراق المواد الصلبة. وتزداد هذه القدرة بزيادة سرعتها، ولكنها لا تنفذ من لوح من الرصاص سمكه حوالي ٢ ملليمتر.

### **أشعة جاما**

وتتكون هذه الأشعة من موجات كهرومغناطيسية وتشبه أشعة الضوء العادي والأشعة السينية، إلا أن أطوال موجاتها أقل بكثير، ولذا فإن لها قدرة عالية على اختراق المواد.

وقد تنفذ أشعة جاما من لوح من الرصاص سمكه ٢٠ سم. وتصل قدرة أشعة جاما على اختراق المواد إلى ١٠٠ مرة قدر أشعة ألفا، ١٠٠٠ مرة بالنسبة إلى قدرة أشعة بيتا على اختراق المواد.

### **التجارب النووية وتلوث البيئة**

تعد التفجيرات النووية بهدف التجارب، إحدى وسائل التلوث النووي. وقد أجرت العديد من الدول تفجيرات نووية سرا وعلانية تحت سطح الأرض منذ بداية النصف الثاني من القرن العشرين وتراوح عمق معظم هذه التجارب من ١٠٠ متر وحتى ٢ كم تحت سطح الأرض.

وقد انعقد مؤتمر عالمي في جنيف في عام ١٩٥٨ خاص بالأسلحة النووية واختباراتها، وتم التوصل بين الدول النووية في العالم باستثناء فرنسا والصين إلى اتفاق يحرم إجراء التجارب النووية والتفجيرات في الجو والفضاء أو تحت الماء.

ولم يشمل التحريم إجراء التفجيرات النووية تحت سطح الأرض.

وبصاحب التفجير النووى تولد وانتشار كميات كبيرة من الغبار النووى المشع فى البيئة والتى تجد طريقها إلى الماء والهواء والتربة وتسرّب إن أجلا أو عاجلا إلى جسم الإنسان من خلال مياه الشرب أو سلسلة الغذاء.

ويزداد خطر تلك التفجيرات النووية إذا أجريت هذه التجارب فوق سطح الأرض، حيث تنطلق نواتج التفجير النووى إلى الهواء مباشرة وتحملها الرياح لتوزعها إلى المناطق المختلفة على سطح الأرض، ونضرب لذلك مثلاً بالتفجير النووى الذى أجرته الولايات المتحدة الأمريكية فى أول نوفمبر ١٩٥٢م (٢٠) وعرف هذا التفجير باسم Mike Thermonuclear Explosion Test وقد أجرى فى إحدى الجزر المهجورة فى المحيط الهادى) وبعد إجراء هذا التفجير تم جمع عينات من التربة القريبة من موقع التفجير، وقام فريق مؤلف من ١٦ عالما بدراسة هذه العينات ومحتواها من الركام النووى. ووجدوا أنه يحتوى على عدد كبير جدا من نظائر عناصر ما وراء اليورانيوم Trans - uranic elements، بالإضافة إلى عنصرين جديدين من العناصر المشعة أطلق عليهما اسم الأينشتينوم (نسبة إلى ألبرت أينشتين) (عدده الذرى ٩٩، ووزنه الذرى ٢٥٣) وأطلق على الآخر اسم الفرميوم (نسبة إلى أنريكو فيرمى الذى قام بأول محاولة لتصنيع عناصر مشعة جديدة) [عدده الذرى ١٠٠ ووزنه الذرى ٢٢٥].

وتتصف أغلب العناصر المشعة ونظائرها المشعة بأن نشاطها الإشعاعى يستمر طويلا جدا، وتقاس مدته النشاط الإشعاعى لعنصر ما بما يعرف بعمر النصف Half - life.

وعمر النصف لعنصر ما هو الوقت اللازم لتحلل نصف أية كمية منه ليتحول إلى عنصر ثابت.

فإذا احتوت بلورة معدن ما على ١٠٠ مليجرام مثلا من عنصر مشع أثناء تكونها، فإنه بانقضاء وحدة عمر نصف لهذا العنصر يكون قد تحلل ٥٠ مليجرام من العنصر. وبانقضاء وحدتين من وحدات عمر النصف يكون قد تحلل

٧٥ مليجرام أو نصف الكمية الباقية، وبانقضاء ثلاثة وحدات عمر نصف يكون قد تحلل ٨٧,٥ مليجرام وهكذا.

ويتراوح عمر النصف لنظائر العناصر المشعة من جزء ضئيل من الثانية وحتى آلاف الملايين من السنين.

والجدول التالي (جدول ١١) يبين قيم عمر النصف لبعض العناصر المشعة والنواتج النهائية لتحللها الإشعاعى.

### جدول (١١)

#### عمر النصف لبعض العناصر المشعة

العنصر	عمر النصف	ناتج التحلل
ثوريوم (٢٣٢)	١٣,٩ × ٩١٠ سنة	رصاص (٢٠٨)
روبيديوم (٨٧)	٤,٧ × ٩١٠ سنة	امترنشيوم (٨٧)
يورانيوم (٢٣٨)	٤,٥ × ٩١٠ سنة	رصاص (٢٠٦)
يورانيوم (٢٣٥)	٧١,٠ × ٩١٠ سنة	رصاص (٢٠٧)
بوتاسيوم (٤٠)	١,٣ × ٩١٠ سنة	أرجون (٤٠)
كربون (١٤)	٥٥٦٨ سنة	تروجين (١٤)

#### النفائيات النووية وتلوث البيئة:

النفائيات النووية هى كل المواد الصلبة والسائلة والغازية التى تتخلف عن التفجيرات والتجارب النووية ومخلفات الوقود المستخدم فى المفاعلات النووية. ويتكون الوقود المستخدم فى المفاعلات النووية من اليورانيوم (٢٣٨) أو اليورانيوم (٢٣٥) أو البلوتونيوم (٢٣٩). ويستخدم عادة أكسيد اليورانيوم المضغوط فى صورة قضبان صغيره طولها نحو ١٣ سم وقطر الواحد منها نحو ٨ مم وتصف هذه



القضببان بطريقة خاصة فى أنابيب توضع فى داخل المفاعل ويستهلك هذا الوقود عندما يتحول جزء كبير منه إلى عناصر أخرى. وتحتوى هذه النفايات على قدر كبير من نظائر العناصر المشعة وقد ظهرت مشكلة التخلص من النفايات النووية منذ عام ١٩٤٤م مع أول إنتاج لعنصر البلوتونيوم، الذى تصنع منه القنبلة الذرية، فى الولايات المتحدة الأمريكية ولا تعرف كميات وأنواع النفايات النووية العالمية وكمية النظائر المشعة فيها. ولا يعرف أيضا كيف تخلصت كل دولة من الدول التى لديها كميات كبيرة من تلك المخلفات، نقول لا يعرف كيف تخلصت هذه الدول من مخلفاتها...

وقد جرت محاولات غير إنسانية من الدول النووية الكبرى والصغرى للتخلص من نفاياتها النووية بدفنها فى أراضى الدول الإفريقية وفشلت بعض تلك المحاولات. ومن المرجح أن كثيرا منها قد تم دفنه بالفعل فى صحارى الدول الإفريقية أو الأمريكية الجنوبية أو فى مياهها الإقليمية... إلخ.

ولا يزال هناك جدل كبير بين العلماء على الطريقة المناسبة للتخلص من تلك النفايات. ويرى البعض إمكانية إلقائها فى الفضاء الخارجى، ويرى آخرون دفنها مع احتياطات كبيرة فى حفر عميقة فى باطن الأرض. وفى كلا الحالتين فإن أخطار النفايات النووية على تلوث البيئة لا تزال قائمة كما أشرنا إلى ذلك آنفا.

### **العناصر المشعة فى التربة والمياه**

يتوقف تركيز المواد المشعة. ومن ثم درجة التلوث الإشعاعى، فى التربة والمياه على عدد كبير من العوامل مثل أصل ونوع الصخور التى تكونت منها التربة وعمرها الجيولوجى ودرجة الحرارة والمناخ السائد فى أثناء تكون هذه التربة، وعلى هذا الأساس يتفاوت تركيز العناصر المشعة فى التربات الزراعية تفاوتاً كبيراً.

وتحتوى التربات المشتقة من الصخور النارية الحامضية كالجرانيت وغيره على نسبة عالية من المواد المشعة مثل اليورانيوم والثوريوم والبوتاسيوم المشع (البوتاسيوم ٤٠). وذلك بالمقارنة مع التربات المشتقة من الصخور القاعدية وفوق القاعدية

كالجبالبرو والبالزت وغيرهما. ويتوقف تركيز اليورانيوم فى التربة المشتقة من الصخور النارية الحامضية على الرقم الهيدروجينى ومعامل الأكسدة والاختزال السائلين فى أثناء تكون هذه التربة.

وكلما انخفض الرقم الهيدروجينى (أى زادت حامضية الوسط الكيميائى الذى تتكون فيه التربة) زادت عمليات أكسدة اليورانيوم من الحالة الرباعية التكافؤ إلى الحالة السادسة وهى الصورة الأكثر ذوبانا لليورانيوم، ومن ثم يتم إزالتها وشطفها من التربة. ويزداد تركيز اليورانيوم فى الوسط القاعدى، حيث يكون اليورانيوم فى الصورة الرباعية التكافؤ، الأقل ذوبانا، ويكون عددا من المركبات التى تكون ثابتة كلما زاد الرقم الهيدروجينى عن ٧,٥ .

ويعتبر الراديوم (٢٢٦) أقل ذوبانا من اليورانيوم فى البيئة السطحية، ومن ثم يزداد تركيزه فيها، وقد ينتقل إلى المياه السطحية ويتركز فيها بدرجة كبيرة، أو يتم امتصاصه بواسطة أكاسيد الحديد والمنجنيز والمعادن الطينية. وقد يترسب الراديوم مع الباريوم والكالسيوم والمغنسيوم فى التربة.

ويعتبر تركيز الراديوم مؤشرا جيدا لتركيز غاز الرادون (٢٢٢) (عمر نصفه ٣,٨٢٥ يوما) ومن ثم يوجد هذا الغاز عادة بالقرب من عنصر الراديوم، حيث يتركز هذا الغاز فى الفجوات الصخرية أو مسام التربة أو المياه السطحية القريبة من عنصر الراديوم وقد يتطلق غاز الرادون إلى الهواء الجوى ويلوئه.

ويتراوح تركيز اليورانيوم فى التربة من ١ إلى ٥ أجزاء فى المليون ويختلف تركيز اليورانيوم فى المياه الجوفية اختلافا كبيرا وذلك بحسب نوع الصخور التى توجد فيها هذه المياه وكيميائيتها، حيث يزداد تركيز اليورانيوم فى المياه بزيادة حامضيتها (٢٢).

وتعتبر المياه الجوفية أو السطحية التى تحتوى على ٤ أجزاء من البليون (ppd) يورانيوم مياه ذات تركيز شاذ. وقد تحتوى بعض المياه فى الينابيع الصحراوية القارية الجافة على تركيزات عالية من اليورانيوم تصل إلى عدة مئات أجزاء فى البليون وقد تصل إلى ٢٠٠ جزء فى المليون فى المياه بالقرب من رواسب وخامات اليورانيوم (٢٢).

وتحتوى بعض التربة على حوالى ١٠ أجزاء فى المليون ثوريوم. كما تحتوى المياه السطحية على تركيزات متفاوتة من الثوريوم تتراوح من ٠.٠٠٥ إلى ٠.١ جزء فى المليون.

ولم تدرس بعد التربة والمياه فى الصحارى المصرية من حيث محتواها من العناصر المشعة. ويجب دراستها وبخاصة تلك المناطق المستهدفة للاستصلاح كما هو الحال فى الوادى الجديد توشكى والعيونين وسيناء.

### قياس درجة الإشعاع:

توقف شدة الأضرار الناجمة عن التعرض للإشعاعات النووية على طاقة هذه الإشعاعات وطبيعتها، ثم على طبيعة المواد التى تعرضت للإشعاع.

ويقدر تركيز ودرجة الإشعاع بمقاييس مختلفة أهمها:

#### (١) الرونتجن Roentgen:

وتستخدم هذه الوحدات الإشعاعية فى حالة أشعة جاما أو أشعة أكس (الأشعة السينية). وهى مقدار الأشعة التى إذا مرت فى حجم من الهواء مقداره سنتيمتر مكعب واحد اكتسب هذا الحجم من الهواء الجاف وحدة واحدة من الكهرباءية الامستاتيكية (ويقدر عدد الأيونات الناتجة من هذا الحجم من الهواء فى هذه الحالة بحوالى ٢٠٨٣ مليون أيون) ووحدة الرونتجن تعادل ٨٧ إرج لكل جرام من الهواء، وتختلف بالنسبة للمواد الأخرى. وفى هذه الحالة تستخدم وحدة أخرى لقياس شدة الإشعاع وهى الراد Rad .

#### (٢) الراد Rad:

وتستخدم هذه الوحدة لقياس جميع الإشعاعات وهى مقدار الإشعاع الذى يكسب جراما واحدا من وسط معين قدرا من الطاقة يساوى مائة إرج (والإرج هو وحدة الشغل فى النظام المترى وتساوى دابن/ سم).

ويقاس تأثير الإشعاع على الأنسجة البيولوجية بوحدة تعرف باسم الريم Rem وهي تكافئ وحدة رونتجن واحدة من الأشعة السينية أو أشعة جاما (Roentgen Equivalent Man) وهي الحروف الأولى للمصطلح وعلى هذا الأساس فإن:

$$1 \text{ rem} = 1 \text{ rad} \times Q$$

حيث Q تساوى ١ فى حالة الأشعة السينية وأشعة جاما.

$$Q = 1 \text{ إلى } 1,7 \text{ فى حال أشعة بيتا}$$

$$Q = 10 \text{ فى حالة أشعة ألفا}$$

وبالنسبة لأشعة ألفا وبيتا وجاما، فإن دقائق ألفا هي أقل الأنواع الثلاثة قدرة على النفاذ واختراق المواد، وعلى هذا الأساس فإن أشعة ألفا المنطلقة من مصادر خارجية نادرا ما تتخترق الأجسام. أما إذا ابتلع الإنسان مثلاً مصدراً لأشعة ألفا وأصبح هذا المصدر فى داخل جسمه (فى الرئتين أو المعدة) فإن ذلك يسبب مخاطر كبيرة، حيث تتركز نشاط هذه الأشعة التدميرية فى داخل الجسم ولا يتسرب إلى خارج الجسم بسهولة.

وتعتبر أشعة جاما الآتية من مصادر خارجية بالنسبة للجسم ذات خطر كبير وذلك بسبب مقدرة هذه الأشعة على اختراق الأجسام ويليها فى ذلك أشعة إكس منخفضة الطاقة.

وعموماً تعتبر جسيمات ألفا أشد الإشعاعات تأثيراً على الأنسجة البيولوجية، تليها البرتونات. وتعتبر أشعة جاما وجسيمات بيتا أقل أثراً على الأنسجة البيولوجية.

ويجب ألا يتعرض الإنسان لإشعاع نووى يزيد مقداره عن خمسة ريمات فى اليوم. كما يجب تجنب التعرض للإشعاعات النووية حتى الضعيف جداً؛ لأن استمرار التعرض لتلك الإشعاعات لفترات طويلة تؤدى إلى أضرار بالغة الخطورة.

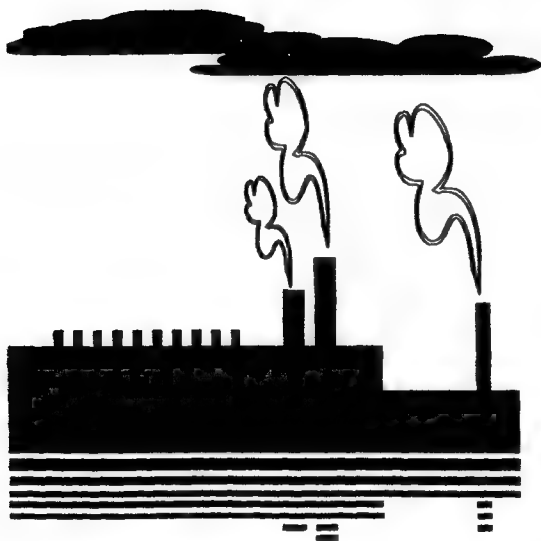
ويتعرض الإنسان لمتاعب صحية مختلفة إذا تعرض للإشعاعات زائدة. فلو تعرض الإنسان للإشعاع نووى قدره ١٠٠ ريم فإن يعانى من اضطرابات فى دورته الدموية ويبدأ شعر رأسه فى السقوط، ويصاب بالسرطان إذا تعرض للإشعاع نووى يزيد عن ٨٠٠ ريم. ولهذا السبب يحمل العاملون فى مجال التنقيب عن المواد المشعة والعاملون فى المحطات النووية وغيرهم يحملون أجهزة تقيس درجة الإشعاع الذى يتعرضون له.





# الفصل التاسع

## التلوث الضوضائي







الضوضاء هى إحدى إفرازات المدنية المعاصرة وضريبة باهظة من ضرائبها يؤديها الناس صاغرين من صحة أجسامهم وعقولهم أيضا .

والضوضاء سمة مميزة للمدن المزدحمة، وعنصر مستحدث من العناصر الملوثة للبيئة. وتعرف الضوضاء بأنها كل الأصوات غير المناسبة في المكان والزمان غير المناسبين أيضا .

والتلوث الضوضائي هو الصخب الذى يملأ المكان ويقتحم آذان الناس ويملاها رغما عنهم بما لا يسهى ولا يرضيهم .

وهناك صور شتى من التلوث الضوضائي ويختلف تقدير الأفراد والمجتمعات لنوع وشدة ذلك التلوث. ويعتمد ذلك على عوامل شخصية واجتماعية وثقافية وغيرها .

ويوجد تلوث ضوضائي فى وسائل الاتصالات الإلكترونية، مثل الاضطرابات وعدم وضوح الصوت أو تدخل الأصوات . . . إلخ ويزداد هذا التلوث فى تلك الأجهزة مع تعقيد تلك الأجهزة وحجم المعلومات المتداولة فيها، وعلى هذا الإنسان فإن الإنسان قد يواجه زيادة مضطردة فى التلوث الإلكتروني مع زيادة وتعاضم وسائل المواصلات اللاسلكية، وبذلك يمكن القول بأن التلوث الضوضائي هو ضريبة قاسية غير متوقعة للاستخدام المكثف والمتنامي للطاقة فى عصرنا هذا .

ويصعب فى واقع الأمر وضع حدود فاصلة لمدى التلوث الضوضائي للبيئة كما هو الحال بالنسبة للملوثات التقليدية الأخرى، كالملوثات الصلبة والسائلة والغازية والبيولوجية وغيرها .

فمن اليسير إلى حد كبير تقدير مدى التلوث بالشوائب فى الماء مثلا أو الغازات والأتربة فى الهواء، أو المواد الصلبة على سطح الأرض أو شواطئ البحر

مثلا، وقد يكون لتلك الملوثات آثار محدودة على الأشخاص، بينما يتأثر الأشخاص بدرجات متفاوتة جدا بالتلوث الضوضائي، فقد نجد شخصا يؤذيه ويؤلمه صوت معين، بينما لا يحس بذلك شخص يقف بجواره في الأماكن العامة مثلا. ويعود السبب في ذلك إلى تفاوت حساسية الأفراد تفاوتا شديدا تجاه التلوث الضوضائي ولو كانوا يعيشون في منزل واحد.

ويعتبر المسح الميداني هو الوسيلة الوحيدة حاليا لمعرفة مدى تأثير الأشخاص بالأصوات المزعجة وأنواعها وشدتها. وبالطبع فإن لهذا الأسلوب عيوب عديدة أهمها العوامل الشخصية والنفسية، وهي عوامل شخصية وغير علمية إلى حد بعيد. فقد يتأثر شخص ما بأصوات أطفال الجيران الذين يلعبون، بمدى حبه وعلاقاته مع هؤلاء الأطفال وذويهم حبا كان أم كرها.

وهناك أنظمة مختلفة لقياس شدة الأصوات، ولكن أفضل تلك الأنظمة هو الديسبل Decibel وهو وحدة قياس سميت باسم السير ألفريد بيل Sir Alfred Bell.

وتقاس شدة الصوت بالديسبل، وهي تساوي ٠,١ وحدة أكبر هي البيل Bel.

وأضعف صوت تسمعه أذن الإنسان العادي هو الصوت الذي شدته ديسبل واحد.

ويطلق على عدد الذبذبات في الثانية لصوت ما اسم التردد، ويعبر عنه بالهرتز Hertz، فالهيرتز هو وحدة الذبذبة (ذبذبة واحدة في الثانية).

وتسمع أذن الإنسان العادي الأصوات التي تتراوح ذبذبتها من ١٦ إلى ٢٠,٠٠٠ هرتز، وينخفض هذا المدى مع تقدم العمر وعوامل أخرى عديدة.

والأصوات التي تقل ذبذبتها عن ١٦ هرتز تكون غير مسموعة، والتي تزيد ذبذبتها عن ٢٠,٠٠٠ هرتز تسمى أصوات فوق سمعية (غير مسموعة).

وهناك أناس يمكنهم سماع أصوات لا يسمعونها غيرهم. وتسمع كثير من الحيوانات مثل الكلاب أصوات لا يمكن للأذن البشرية سماعها.

ويعبر عن الأصوات أحيانا بمصطلح صوتى نفسى Psycho - acoustic term هو الفون Phon .

فالفون هو درجة وحدة الجهازة، أخذنا فى الاعتبار شدة الصوت وذذبته. فالصوت الذى مقداره ٩٢ ديسبل وذذبته ٢٠ هرتز يعادل ٤٠ فون (أى جهارته أو ارتفاعه تساوى ٤٠ فون).

وللأذن البشرية حساسية واسعة المدى لشدة الأصوات التى تتراوح من صفر وحتى ١٨٠ ديسبل والمقدار صفر ديسبل يسمى بالقيمة المشرفية أو الحدبة Threshold value للسمع أما المقدار ١٨٠ ديسبل فهو بداية الإحساس بالأذى أو الألم ويسمى بالقيمة الحدبة أو المشرفية للألم من شدة الأصوات العالية أو الضوضاء.

والقيمة المشرفية لإدراك الأصوات تعنى الحد الأدنى لشدة الأصوات التى يمكن للأذن البشرية إدراكها والإحساس بها. وقد يشعر بعض الأشخاص بالقلق وعدم الراحة بسبب سماعهم لأصوات لا تزيد شدتها عن ٨٥ ديسبل، بينما لا يشعر آخرون بالقلق أو الإزعاج من الأصوات التى تصل شدتها إلى نحو ١١٠ ديسبل.

ويبدأ الشخص العادى الشعور بالقلق وعدم الراحة فى بيئة تصل فيها شدة الصوت إلى ١٤٠ ديسبل أو أقل، علما بأن المحاورات والمناقشات العادية قد تصل شدة الصوت فيها من ٣٠ إلى ٦٠ ديسبل بينما تصل شدة الصوت المنطلق من محرك طائرة نفاثة عند إقلاعها إلى ١٦٠ ديسبل أو أكثر ويعتمد تأثير الأصوات على أذن الإنسان على ذذبته أو طبقة تلك الأصوات فالأصوات ذات الطبقات أو الذبذبات العالية تحدث ضغوطا أعلى من تلك المنخفضة الطبقة أو الذبذبة.

وتفاوتت شدة وضغط الصوت، في حدود الأصوات المسموعة، من شخص لآخر تفاوتاً كبيراً فالأذن البشرية لا تشعر بالأصوات بنفس الطريقة في مدى الذبذبات المسموعة تلك الأصوات والأصوات ذات الطبقات الصوتية المنخفضة قد تبدو للأذن كالضجيج غير المميز، وبالمثل فإن الأذن البشرية لا تحس بالأصوات ذات الذبذبات العالية والتي تزيد عن ٢٠.٠٠٠ دورة في الثانية بينما يمكن لبعض الحيوانات سماع تلك الأصوات، كما يمكنها أيضاً سماع الأصوات الضعيفة جداً والتي لا يحس بها الإنسان، ولهذا السبب تعد بعض الحيوانات بمثابة أجهزة إنذار مبكر لوقوع الزلازل.

وفي الحكايات الشعبية في دول اخضارات القديمة في مصر والعراق والهند والصين وفارس وغيرها ما يؤكد أن بعض الحيوانات يمكنها الإحساس بالهزات الأرضية الضعيفة جداً (والتي تسبق وقوع الزلازل عادة - وتسمى بالهزات الإنذارية المبكرة - وذلك قبل حدوث الهزات الأرضية (بأيام إلى ثوان) وتشير هذه الحكايات إلى أن الكلاب تنبح والديوك تصيح قبل وقوع الزلازل بوقت قصير. وترفض الحيوانات في الحدائق والحقول أن تأوى الى حظائرها ليلاً، وتخرج الثعابين والسحالي والثدييات الصغيرة من جحورها وهي مدعورة، وتطير الحشرات في جماعات كبيرة قرب الشاطئ وتنتج الحيوانات الطليقة صوب المرتفعات ونهرب الطيور البرية من أعشاشها، وترفع الأرانب آذانها إلى أعلى وتظل تقفز بدون هدف وترنم بالأشياء من شدة الذعر، وتقفز الأسماك مدعورة فوق سطح الماء.

ويفسر السلوك غير العادي لبعض حيوانات قبل وقوع الهزات الأرضية بأن بعض حواسها تحس بالأصوات الضعيفة جداً والتي تنتج بسبب تحركات الصخور في أعماق الأرض قبل وقوع الهزات الكبيرة، غير أن أحداً لم يعمل على تطوير هذا السلوك في مجال التنبؤ بوقوع الزلازل، علماً بأن الصينيين هم أكثر الناس حماساً واهتماماً بهذا الموضوع (٢١، ٢٢)

وللضوضاء مصادر متعددة يعكس مصادر التلوث الأخرى، وقد يصعب السيطرة عليها كما هو الحال في ملوثات الماء والهواء والأرض الأخرى السابق

ذكرها. ورغم ذلك فإنه ليس للضوضاء آثار مستقبلية، حيث ينقطع تأثيرها بمجرد انقطاع تلك الأصوات المسببة لها. وهى ذات أثر محلى محدود وتختلف فى ذلك اختلافا جوهريا عن بعض الملوثات العالمية كالأشعاعات النووية أو الغازات السامة التى تنتشر بفعل الهواء فى معظم أرجاء الكرة الأرضية. وتعتبر الضوضاء الصادرة عن حركة الآلات الميكانيكية فى الورش والمصانع وغيرها. تعتبر من أشد أنواع الضوضاء تأثيرا على الإنسان.

وعموما يتوقف التأثير السلبي للأصوات المختلفة على مستوى أو منسوب الصوت.

والجدول التالى (جدول ١٢) يبين مستوى بعض الأصوات فى البيئات المختلفة.

والأرقام فى هذا الجدول هى أرقام تقريبية وتتفاوت من موقع لآخر حسب اعتبارات عديدة.

وحسب قانون التربيع العكس فإن شدة الصوت تنخفض إلى الربع بمضاعفة المسافة بين مصدر الصوت والراصد.

وبينت الدراسات الميدانية أن الضوضاء المقبولة وغير المقلقة بالنسبة لتزلاء المستشفيات والمسنين عموما هى تلك التى لا تزيد شدتها عن ٣٥ ديسبل فى أثناء الليل، ونحو ٤٥ ديسبل خلال ساعات النهار وفى جميع الحالات يجب ألا تزيد شدة الضوضاء عن ٥٥ ديسبل.

وبالنسبة للمناطق السكنية هى نحو ٤٥ ديسبل فى أثناء الليل، ٥٥ ديسبل فى النهار، وأعلى قيمة محتملة هى ٧٠ ديسبل.

وبالنسبة للمناطق التجارية هى حوالى ٦٠ ديسبل فى المتوسط، والقيمة العليا أو الذروة هى ٧٥ ديسبل.

وبالنسبة للمناطق الصناعية ٦٥ ديسبل فى المتوسط وأعلى قيمة هى نحو ٨٠ ديسبل

جدول (١٢)

مستوى (أ) منسوب الأصوات في البيئات المختلفة

شدة الصوت بالديسبل	البيئة
٣٠	حديقة هادئة
٤٠	منطقة سكنية خالية من وسائل المواصلات
٥٠	منطقة خلوية تبعد ٣ أمتار عن نهر هادئ
٦٠	في داخل محل تجارى كبير
٧٠	في داخل سيارة صغيرة
٧٥	في داخل عربة قطار
٨٠	على بعد ٦٠ سم من ساعة دقاقة
٨٥	في داخل غرفة طباعة صحف
٨٥	في داخل طائرة نفاثة
٨٥	على بعد ٨ م من مطرقة تعمل بضغط الهواء
٩٠	على بعد ١ كم من طائرة نفاثة عند إقلاعها
٩٥	على بعد ثمانية أمتار من بوق سيارة
١٠٠	في داخل طائرة عند إقلاعها
١٠٠	في داخل مصنع
١٠٠	على بعد خمسة أمتار من بوق سيارة
١٢٠	على بعد متر واحد من مطرقة آلية
١٣٠	على بعد ١٠ متر من موتور طائرة نفاثة
١٤٠	على بعد ٥ م من موتور طائر نفاثة

ويجب أن تقل شدة الأصوات المقبولة في داخل المنشآت عن القيم التالية:

- في صالات عرض الأفلام في التلفزيون: ٣٠ ديسبل

- المسارح وصالات الاحتفالات: ٣٥ ديسبل

- المستشفيات والفنادق: ٤٠ ديسبل

- المكتبات العامة ومقار العمل: ٤٥ ديسبل

- المحلات التجارية والبنوك: ٥٠ ديسبل

- المطاعم والورش... إلخ: ٥٥ ديسبل

ويجب ألا يغيب عن أذهاننا أن تأثير الإنسان بالضوضاء يتوقف على عوامل عديدة بعضها شخصي، وأن ذلك يختلف من مكان لآخر ومن شخص لآخر، وحتى بالنسبة للشخص ذاته يتفاوت مدى تأثيره بشدة الضوضاء على حالته النفسية وصحته العامة... إلخ.

وتعد الضوضاء الناجمة عن المركبات والآلات الميكانيكية من أكبر الملوثات الضوضائية في المدن.

وتساهم المباني والمنشآت الحديثة في زيادة إحساس الناس بالضوضاء، فمعظم المباني متلاصقة، وذات جدر رقيقة نسيجا ومبنية من مواد موصلة للصوت وليست ماصه له. وقد بنى أسلافنا بيوتهم بجدران سميكة من الطين واللبن، وهى مواد عازلة وماصة للصوت. أما فى البيوت الحديثة فالجدران رقيقة وتتكون من مواد موصلة للصوت، مما يزيد من الإحساس بالتلوث الضوضائي فى المدن المزدحمة، هذا بالإضافة إلى وجود العديد من الأجهزة التى تساهم فى زيادة التلوث الضوضائي مثل أجهزة التكييف والتلفزيون الراديو... إلخ والسيارات وغيرها وشاحنة كبيرة واحدة يصدر عنها صوت تصل شدته إلى ٩٠ ديسبل، وحفل عرس قد يلوث البيئة بأصوات وضوضاء مزعجة تزيد شدتها عن ٩٠ ديسبل... إلخ الجدير بالذكر أن الأصوات المتداولة فى الاجتماعات العامة والأسواق تتراوح شدتها من ٨٠ إلى ٩٥ ديسبل، وقد تزيد عن ذلك بحسب طبيعة المناقشات ونوعيه المتناقشين وثقافتهم ونوع المناقشات... إلخ.

## الأثار السلبية للتلوث الضوضائي،

للتلوث الضوضائي آثار سلبية على حياة الناس، ويتوقف ذلك على شدة الضوضاء ودرجة إحساس الناس بالضوضاء والتي تتوقف على عوامل شخصية عديدة كما ذكرنا آنفاً. وتصبح حياة الناس قلقاً بسبب الضوضاء الشديدة، وخاصة إذا تعرض الناس للضوضاء لفترات طويلة.

وقد ينام الإنسان بصورة مستقطعة، وغير مريحة، أو حتى قد يصعب النوم أحياناً في بيئة غلّاها الضوضاء والصخب الشديدين.

كما تتأثر حاسة السمع مع استمرار تعرض الأذن للضوضاء، ويزداد تأثير الأذن إذا تعرضت لضوضاء شدتها ١٠٠ ديسبل، وحتى لو تعرضت الأذن لذلك لفترة قصيرة.

وتصاب حاسة السمع بالعطب، أو نقل كفاءتها عند العمال الذين يعملون في الورش الميكانيكية ذات الضوضاء الشديدة، وكذلك العاملون في المطارات الذين يتعرضون لأصوات محركات الطائرات النفاثة عن قرب، حتى لو كان ذلك لفترات محدودة.

ويقل تحصيل الطلاب واستيعابهم للدروس في المناطق الملوثة ضوضائياً والتي تزيد فيها شدة الضوضاء عن ٧٠ ديسبل. وقد بينت بعض الدراسات الميدانية على تلاميذ المدارس في بعض الدول الأوروبية، أن الضوضاء تقلل من درجة تقبل هؤلاء التلاميذ لما يتلقونه من الدرس، وتكثر الأخطاء الإملائية للتلاميذ عندما يتعرضون للضوضاء (عند ترك النوافذ مفتوحة) ونقل الأخطاء مع خفض شدة الضوضاء (بإغلاق نوافذ الفصول مثلاً).

ويصاب كثير من الناس بالإجهاد الذهني والعصبي والنفسي من الضوضاء الشديدة، وتقل قابليتهم للعمل والإنتاج وقد يصاب البعض بالاكتئاب، وتسبب الضوضاء الشديدة وقوع حوادث عنف بين الناس، ويؤيد ذلك مناظر المشاجرات اليومية التي تقع بين سائقي السيارات في الشوارع المزدحمة في المدن الكبيرة وذلك لأسباب تافهة أحياناً.



وتصاب الأذن الداخلية إذا عاش الإنسان في ضوضاء شديدة تزيد شدتها عن ١٠٠ ديسبل. وتختلف الضوضاء المسموح بها من دولة لأخرى، فالحد الأقصى للضوضاء المسموح بها في الولايات المتحدة الأمريكية هو نحو ٩٠ ديسبل، على ألا يتعرض لها الإنسان لأكثر من ثمانية ساعات في اليوم، ويقل الحد الأقصى للضوضاء المسموح للتعرض لها عن ٨٠ ديسبل في بعض الدول الأوروبية مثل هولندا.

وتشير بعض الدراسات الميدانية أن الضوضاء التي تقل شدتها عن ٧٥ ديسبل تعتبر غير ضارة ولا تؤثر على الأذن بشرط ألا يتعرض لها الإنسان لفترات طويلة، علما بأنه هناك أناس تضايقهم دقات الساعات الدقاقة ذات الصوت العالي، وبخاصة إذا كانت قريبة من مسامعهم. ويتأثر كثير من الناس بأصوات المناقشات الحادة العصبية، وتأتي المضايقة هنا بسبب طبيعة المناقشات، بالإضافة إلى الضوضاء المصاحبة لذلك، ويتوقف ذلك كثيرا على حساسية الأفراد.

وهناك أفراد منهم كتاب ومفكرين مشهورين، يمكنهم التركيز وإنجاز أعمالهم في بيئة تتخللها ضوضاء خفيفة ويفضلون هذه البيئة على البيئة التي تنعم بالهدوء المطبق. ومن هؤلاء الكتاب الأستاذ توفيق الحكيم - رحمه الله - الذي كتب كثيرا من أعماله الخالدة وهو جالس وسط أصدقائه في مقهى المفضلة في الإسكندرية والقاهرة.

وعلى الجانب الآخر فقد تصيب الأصوات المتقطعة بعض الناس بثشت الفكر وحتى الذهول ويقلل ذلك كفاءة وإنتاج الذين تعودوا على الاستماع إلى ضوضاء خافتة ثابتة. وتقل الكفاءة عموما في حالة الاستماع إلى ضوضاء تزيد شدتها عن ٩٠ ديسبل

### **الضوضاء الناجمة عن حركة السيارات:**

تتعدد مصادر الضوضاء الذي تعاني منه المدن الكبيرة غير أن أكثرها تلوثا للبيئة هي الأصوات الناجمة عن حركة مئات الآلاف من السيارات في شوارع تلك

المدن والتي لا تنقطع ليلا أو نهارا. وأكثر تلك الاصوات إزعاجا هي أصوات أبواق السيارات والأصوات الناتجة عن محركات السيارات ويختلف شدة ضجيج المركبات بحسب أنواع تلك المركبات وسلامة هياكلها ومحركاتها، وسرعتها... إلخ، حيث يزيد ضجيج السيارات مع تكرار توقف وتحرك تلك السيارات وسرعة حركتها.

وتعاني المناطق القريبة من المطارات من ضجيج الطائرات النفاثة، وذلك بسبب الامتزاج العنيف للغاز المنطلق من محرك الطائرة بالهواء الجوى، والذي يولد الصوت المميز للطائرات النفاثة ويصل الضجيج مداه عند إقلاع الطائرة، حيث يحتاج إقلاع الطائرة إلى قوة دفع كبيرة، ويقل ذلك بعد إقلاع الطائرة وتخفيفها فى الجو.

ويمكن التقليل من الضجيج المصاحب لإقلاع الطائرات النفاثة باستخدام كاتم للصوت، والذي يقلل فى نفس الوقت من قوة الدفع للمحرك النفاث المطلوبة لإقلاع الطائرة ويزيد أيضا من استهلاك الوقود.

ويمكن الحد من التلوث الضوضائى بالإكثار من زراعة الأشجار الماصة للأصوات على جوانب الطرق وفى المناطق الملوثة ضوضائيا. وإدخال تحسينات على محركات السيارات والأجهزة الميكانيكية عموما، بحيث ينطلق منها أقل قدر من الضوضاء، ثم سن قوانين مناسبة تنظم استخدام أبواق السيارات وشدتها وبخاصة فى المناطق السكنية وبالقرب من المستشفيات والمدارس... إلخ.

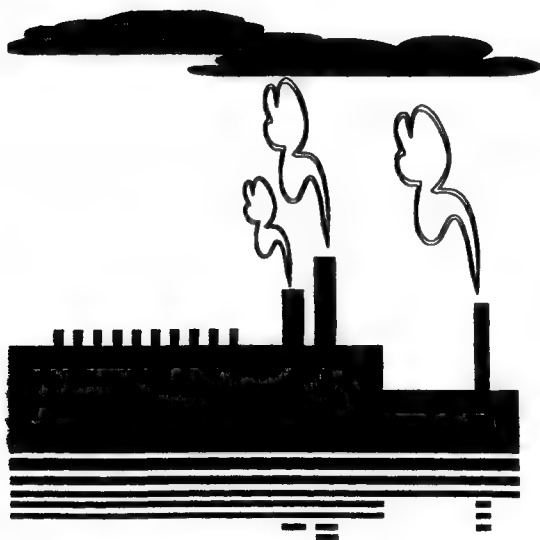
والأسلوب الأمثل والأكثر فعالية فى مقاومة من التلوث الضوضائى هو تعليم الناس وتدريبهم على كيفية تقليل الضوضاء.



# الفصل العاشر

نحو برنامج شامل للتربية البيئية

وحماية صحة البيئة





يقصد بالتربية البيئية تعويد الناس وتدريبهم على حب البيئة النظيفة النقية، والمحافظة عليها، وجعلها خالية من الملوثات بقدر الإمكان، فالوقاية خير من العلاج. فإذا تسود الطفل منذ نشأته حب البيئة النظيفة فإنه يشب على ذلك ويصبح ذلك السلوك جزءا من كيانه وذاته.

وملوثات البيئة - كما ذكرنا آنفا - قديمة، قدم البيئة ذاتها. غير أنها زادت فى عصرنا هذا زيادة ملحوظة بسبب الإفراط فى إستهلاك مواد الطاقة، والإفراط فى إنتاج مواد كيميائية ونووية، لأسباب متعددة، واستخدام تلك المواد فى الأغراض المعيشية المتنوعة وقد أثرت ملوثات البيئة فى الهواء والماء والتربة، وبخاصة فى الريف، على البيئة الطبيعية وعلى كثير من الأنواع النباتية والحيوانية، وأثرت هذه الملوثات على التوازن البيئى بدرجات متفاوتة، وقد يتتبع عن ذلك تغير فى التنوع البيولوجى، ولذلك انعكاسات خطيرة على الإنسان والحيوان والنبات والبيئة بصفة عامة وقد يؤدى ذلك فقد بعض الأحياء النافعة وزيادة عناصر طارئة قد يكون منها ضرر بالغ مثل السفنران والعنكبوت الأحمر ودودة القطن. وأدى الإفراط فى استخدام المخصبات الكيميائية والبيولوجية، ومبيدات الحشرات... إلخ بغرض زيادة الإنتاج الزراعى أدى ذلك إلى تسرب تلك المواد الضارة إلى البيئة الريفية عامة وشبكات الري والصرف خاصة. وينتهى بتلك الملوثات إلى جسم الإنسان والحيوان والنبات.

وعانت البيئة فى عصرنا الحاضر من الملوثات النووية، وهى أخطر ملوثات البيئة، وتحتوى العديد من النفايات الصلبة والسائلة والغازية على مواد مسرطنة.

ويمكن الخطر الرئيسى فى المواد المسرطنة فى أن آثارها الضارة لا تظهر إلا بعد فترات طويلة من تعرض الإنسان لتلك المواد الخطيرة، وقد تمتد تلك الفترات إلى ٢٠ أو ٣٠ سنة بعد التعرض لتلك المرطنات.

وقد لوحظت العلاقة المحتملة بين التلوث وأنواع السرطان المختلفة، وخاصة سرطان الرئة وذلك منذ سنة ١٩٣٦م، ومنذ ذلك التاريخ يجرى العلماء دراسات لمحاولة التعرف على العلاقة بين بيئة التمدن بما فيها من ملوثات، وبين هذه الأمراض الخطيرة.

وفى الآونة الأخيرة دخلت ملوثات جديدة هى المخصبات الهرمونية، والتي يستخدمها البعض بدون ضوابط لزيادة الإنتاج الزراعى أو الحيوانى، وهى فى الواقع سموم طويلة المفعول بالنسبة للإنسان والحيوان والنبات والبيئة بصفة عامة.

● والحل الأمثل لحماية البيئة هو إدخال الوعى البيئى فى ثقافة المجتمع وجعله جزءا هاما من نسيجه ومكوناته، وتدريب الناس أجمعين على المحافظة على البيئة نقية بقدر الإمكان فالملوثات البئية لا تعرف الحدود ولا تمنعها السدود.

ويتم ذلك بإدخال الوعى البيئى ضمن المقررات الدراسية فى المدارس لإعداد نشء وأجيال محبة للبيئة النظيفة، هذا بالإضافة إلى سن التشريعات القانونية التى تحافظ على صحة البيئة .. ويمرور الوقت يصبح ذلك السلوك عرفا عاما من أعراف المجتمع.

ويجب أن يتم ذلك بالتدرج وبدون إزعاج إعلامى مثير أو مفتعل.

● والخطوة الثانية فى هذا البرنامج هو إعداد خرائط بيئية لكافة مناطق الجمهورية تبين توزيع العناصر الكيميائية الشحيحة فى مصادر المياه السطحية (نهر النيل والبحيرات والترع والقنوات والمصارف الزراعية .. إلخ) والمياه الجوفية، والنباتات والتربة، وكذلك تقدير أنواع وكميات الكائنات الحية الدقيقة فيها. وتكون هذه الخرائط بمثابة مرشدة عن أنواع وشددة وتركيز الملوثات فى البيئة، ويتقرر على ضوئها نوع وطبيعة الخطوة التالية، وهى التخلص من الملوثات وحماية صحة البيئة.



## مشروع إعداد خرائط جيوكيميائية زراعية

### للمناطق الصحراوية المستهدف إصلاحها

يحصل الإنسان والحيوان على معظم احتياجاته الغذائية من المنتجات الزراعية، فالزراعة هي الدعامة الرئيسية للاقتصاد والقوة في كل زمان ومكان. وفي العصر الحالي والمستقبل تزداد أهمية الزراعة واستصلاح الأراضي بالتوسع الأفقي في الصحارى. فالصحارى (والتي تشكل نحو ٩٤ ٪ من مساحة مصر والتي تبلغ نحو مليون كيلومتر مربع) هي المنفذ الوحيد للبشرية حاضرا ومستقبلا.

ويمكن تقسيم الزراعات المصرية إلى قسمين هما:

١ - زراعات تعتمد على تربة وادى النيل والدلتا.

٢ - زراعات تعتمد على الأراضي المستصلحة من الصحارى.

وتربة وادى النيل والدلتا هي تربة منقولة Transported Soil رسبها نهر النيل وفروعه عبر تاريخه الطويل، وتمتاز هذه التربة مثلها مثل تربة وديان الأنهار الكبيرة في العالم بأنها تربة خصبة ومتجانسة من الناحية المعدنية والكيميائية إلى حد كبير.

أما التربات الصحراوية كما هو الحال في مختلف مناطق الصحراء الغربية (الوادي الجديد، درب الأربعين، توشكى، العوينات وغيرها) والصحراء الشرقية وسيناء، فهي تربات جالسة أو متبقية Residual Soil، وهي تختلف في طبيعتها وتركيبها وخواصها عن التربات المنقولة في وديان الأنهار، وقد يختلف التركيب المعدني والكيميائي للتربة الجالسة من منطقة لأخرى تجاورها، وعلى هذا الأساس فإن المحاصيل الزراعية والنباتات التي قد تصلح وتجد في منطقة ما قد لا تصلح ولا تجود بنفس الدرجة في منطقة مجاورة أو قريبة منها، والسبب في ذلك في أغلب الأحيان هو الاختلاف في التركيب الكيميائي (وبخاصة نوع وتركيز العناصر الكيميائية الشحيحة Trace elements) من منطقة لأخرى. ويؤيد ذلك التباين الشديد أحيانا في نوع وكمية النباتات الصحراوية الموجودة في وديان الصحراء الشرقية وسيناء على سبيل المثال.

وقد تحتوى بعض المناطق الصحراوية على عناصر كيميائية سامة بتركيزات عالية نسبيا مثل الزئبق والرصاص والكادميوم والزرنيخ والسيلينيوم وغيرها . وقد تنبعت إلى هذه الظاهرة (الجيولوجية) كثير من الدول التى توجد بها التربة الجالسة ، وقامت هذه الدول بإعداد خرائط تبين نوع وتركيز العناصر الكيميائية الشحيحة مثل النحاس والرصاص والقصدير والكوبلت والنيكل والفاناديوم والزرنيق والسيلينيوم والكادميوم . . . إلخ فى مناطق التربة الجالسة . وواضح أن كثيرا من العناصر الكيميائية الشحيحة هى عناصر شديدة السمية ، وقد تنتقل إلى الحيوان والإنسان من خلال النباتات التى تمتصها من التربة . . كما أن هناك نباتات مجمعة لأنواع معينة من العناصر الشحيحة وتتركز فى أجسامها تحت ظروف معينة . . . وهناك نباتات تمجد فى وجود بعض العناصر الكيميائية الشحيحة ، وأخرى يتعوق نموها وتقل غلتها فى وجود نفس هذه العناصر فى التربة . . . إلخ .

وعلى هذا الأساس فلنأخذ نرى ضرورة إجراء مسوحات جيوكيميائية فى المناطق الصحراوية المستهدف استصلاحها ورسم خرائط جيوكيميائية - زراعية لهذه المناطق تبين نوع وتركيز العناصر الكيميائية الشحيحة فيها ، ثم يتم رسم السياسة الزراعية والمحصولية فى هذه المناطق استرشادا بهذه الخرائط كما هو الحال فى توشكى والعوينات والوادي الجديد وسيناء وغيرها .





## مشروع مكافحة الذباب

الذباب حشرة مؤذية، وقد حاول المصريون القدماء مقاومتها والتخلص من أذاها بأن ابتدعوا لها وصفة طبية طريفة مدونة فى بردية إدوين سميث الطبية الفرعونية والتي يعود تاريخها إلى الألف الثانية قبل الميلادى (حوالى ١٦٠٠ قبل الميلاد) وهى منقولة من كتب طبية أقدم يعود تاريخها إلى الألف الثالثة قبل الميلاد (عصر بناء الأهرامات) - فقد اعتقد المصريون القدماء بأن بعض الأوبئة ينتقل إلى الإنسان عن طريق الذباب، ومن ثم خصصوا لمقاومة الذباب الرقية السادسة فى هذه البردية الطبية الجراحية، والتي تحتوى على أقدم البيانات التشرحية والوظيفية لجسم الإنسان (انظر كتاب الطب المصرى القديم - الجزء الثانى، للدكتور حسن كمال ١٩٦٥).

ورغم هذه الوصفة الفرعونية الطريفة فما تزال الذباب تسرح وتمرح بحرية تامة فى ربوع البلاد، وبخاصة فى الريف والمناطق القريبة من الصحراء.

وقد تحدث كثير من الرحالة الأوروبيون والأمريكيون الذين زاروا العالم العربى عن أشياء شاهدوها واندeshوا لها، ومن ذلك وفرة الذباب فى بعض الأماكن. . ومن هؤلاء الرحالة وعالم الآثار الأمريكى «ويندل فيلبس» فى كتابه الشيق «كنوز بلقيس».

وتظهر بين الحين والآخر فى الصحف المصرية مقالات تناقش تنمية الريف وجعله منطقة جاذبة للسكان. . إلخ. وبعض هذه المقالات رائعة الجمال من حيث الشكل والموضوع، ولا يعيبها غير شىء واحد هو أنها تتحدث عن ريف آخر غير الريف المصرى. . الريف الأوروبى مثلاً!

فالريف المصرى ضارِد للسكان جاذب للذباب، لأسباب عديدة على رأسها المناخ الدافئ الذى يساعد على توالد وتكاثر الذباب، بطريقة يصعب على بعض الذين لم يروا الريف تصورها!

وكما فشلت الرقية الفرعونية فى مكافحة الذباب والقضاء عليه، فشلت أيضا طرق المقاومة الكيميائية التقليدية المتبعة حتى الآن . . هذا بالإضافة إلى تلويثها للبيئة بالمركبات الكيميائية السامة للذباب والبشر أيضا . . ومن ثم يجب استخدام وسائل بيولوجية أو إشعاعية أو غيرها، على أن يتم ذلك على مستوى قومى وفى آن واحد . . الجدير بالذكر أن الصين قد تخلصت من الذباب، ومن العصافير (التي تلتهم المحاصيل الزراعية) بطريقتها الخاصة والتي تذكرنا بالوصفة الفرعونية التي أشرنا إليها آنفا .

نرجو من الوزارات المعنية (وزارة شئون البيئة، وزارة الزراعة، وزارة الصحة والسكان، . . إلخ) دراسة هذين المشروعين والعمل على تنفيذهما .



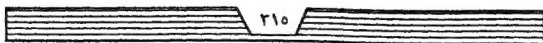


## المراجع

- 1- Katyal, I. and Satke, M. (1993) Environmental pollution. Annal Oubl. New Delhi.
- ٢ - د. فينيتسكي (١٩٨٤): قصص وطرائف عن الفلزات - دار مير - موسكو.
- 3 - Kuboto, J. (1983)  
plants and the geachemical environment in: "Applied Environmental Geochemisty" Edited by I.Thornton. Academic Press. London.
- ٤ - يو. فيليوفيتش (١٩٨١):  
أسس الكيمياء الحيوية - دار مير - موسكو.
- 5 - Thornton, I. (1983):  
Applied Environmental Geochemistry. Academic Press, London.
- 6 - Crounse, R. G. Pories, W. J., Bray, J. and Mager R. L. (1983):  
Geochemistry and Man: Health and Disease in Applied Environmental Geochemistry, Edit by c. Thornton. Academic press, London.
- ٧ - ابن أبي أصيبعة (٦٠٠ - ٦٦٨ هـ) : عيون الأنباء في طبقات الأطباء - مكتبة الحياة، بيروت، ١٩٦٥.

- 8 - Carbon dioxide and climate: a scientific assessment, Natural Academy of Science, Washington, D. C. (1979).
- ٩ - إيجور أدايا شيف (١٩٨٥): الإنسان والبيئة: ترجمة عبد الله حبه - دار مير ، موسكو.
- 10 - Arthur, D. R. (1969): Survival man and his environ ment the English Universities Press, London.
- 11 - Chapman J. L. and Reiss, M. J. (1992): Ecology, Principles and applications. Comb. Univ. Press.
- ١٢ - ماريو باي (١٩٧٠): لغات البشر: أصولها وطبيعتها وتطورها - ترجمة صلاح العربى - الجامعة الامريكية بالقاهرة.
- ١٣ - د. حسن كمال (١٩٦٥) الطب المصرى القديم جزء ٢ ، الدار القومية - القاهرة.
- ١٤ - د. غوستاف لوبون (١٩٢٣) : مقدمة الحضارات الاولى - ترجمة محمد صادق رستم المطبعة السلفية - القاهرة.
- 15 - Parker, A. (1978): Industrial Air pollution Hand Book, Mc Graw Hill, London.
- 16 - Richard, F. J Mc Garry M. and Mara, D. (1977) : Water, wastes and Health in Hot Climates John Wiley, New York.
- 17 - Brown, A. W. (1978): Ecology of Pesticides. John Wiley New York.
- 18 - Gamal H. Rabie (1995) Biodegradation of the organophosphorus insecticide Monocrotophos by Pencillium corylophilum. Zagazig J. Pharm. Sci. 1995, vol. 4 no 2, pp. 14 - 19.

- 19 - Skinner, B. J. and Porter, S. C. (1987): Physical Geology. John wiley, New York.
- 20 - Trifonov, D. N. and Trgonov, V. D. (1983): Chemical elements, how they were discoveries Mir, Moscow.
- 21 - Mollory, B. F. and Corgo, D. n. (1979): Physical Geology. Mc Graw Hill.
- 22 - Log. J. (1983): Geomedicine in Scandinavia, in Applied Environment Geochemistry, ed. by I. Thornton, Academic press. New York.
- 23 - Murck, B. w., Skinner, B. J. end porter, S.C. (1996): Environmental Geology. John wiley& sons, new York.
- 24 - Thompson, GR and Turk, J. (1994): Modern physical Geology Saunders College Publishing, New York.



١٩٩٩ / ٢١٩٩	رقم الإيداع
977 - 5758 - 27 - 0	I. S. B. N التقديم الدولي



Bibliotheca Alexandrina



0593454